Beitrag zur Lehre von der Stickstoffernährung der Leguminosen,

speziell: Versuche, die Zunahme des Stickstoffgehaltes bei mit Bakterien in Symbiose getretenen Erbsen und Wicken in den verschiedenen Entwickelungsperioden und unter verschiedenen Düngungsverhältnissen zu bestimmen.

Inaugural-Dissertation

verfasst und der

hohen philosophischen Fakultät

der

Königl. vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg

zur Erlangung der philosophischen Doctorwürde

vorgelegt von

JAN LUTOSŁAWSKI

aus Drozdowo bei Łomża (Russ. Polen).

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

HALLE a/S.

1898.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548112_0159

I. Einführung.

In der modernen Landwirthschaftswissenschaft giebt es kaum eine Frage, die ein so vielseitiges Interesse erregt hätte, als die nach den Quellen der Stickstoffnahrung der Leguminosen. — Da die Spezialfrage, über die hier nachher des Näheren berichtet werden soll, dieses Gebiet berührt, will ich vor Allem die geschichtliche Entwickelung des ganzen Gegenstandes wenigstens in kurzen Zügen charakterisiren.

Die Kultur der Leguminosen wurde immer, schon im Alterthume (Plinius[1]), als ein Mittel erachtet, welches die Kraft des Bodens in Bezug auf die folgenden Ernten in ganz hervorragendem Maße zu erhöhen im Stande war. So gediehen nach einer Leguminosenvegetation auf demselben Felde andere Pflanzen, besonders Halmfrüchte, weit besser, als nach Hackfrüchten. Eine Leguminosenvegetation wirkte genau so, wie eine Düngung. Offenbar hinterließen diese Pflanzen dem Boden Stoffe, die den darauffolgenden Pflanzen als Nahrung dienen mußten, sie „bereicherten" den Boden. Dies setzte man mit ziemlicher Sicherheit voraus. Worauf aber diese Bereicherung des Bodens beruhen mochte und welche Ursachen dieselben bedingen, wußte man freilich noch um Mitte unseres Jahrhunderts nicht. Thaer[2]) vermuthete zwar, daß diese Bereicherung wohl auf Kosten derjenigen Nährstoffe geschehe, die die Leguminosen der Atmosphäre entnehmen und dann in Wurzeln und Stoppeln zum Theil in dem Boden zurücklassen; er konnte aber, da die damalige Erkenntniß von der Ernährung der Pflanzen noch sehr beschränkt war, nicht angeben, um welche Stoffe es sich hier namentlich handle. Erst später wurde von Emil John[3]) durch genaue analytische Bestimmungen festgestellt, daß diese Bereicherung, wie sie insbesondere durch den Rothklee bewirkt wird, in einer bedeutenden Vermehrung der humusbildenden und der stickstoffhaltigen Substanzen

[1]) s. Plinius „Historia naturalis", lib. VIII.

[2]) s. A. Thaer „Rationelle Landw." I. Aufl., 1809, Bd. I, S. 235 u. ff.

[3]) nach Jul. Kühn's Vorlesungen über Betriebslehre, Kapitel über die Statik. Sommersem. 1896. Halle a. S. vergl. auch Jul. Kühn's „Berichte", Heft XII. 1895, S. 111.

bestehe, welche in den Stoppel- und Wurzel-Rückständen dem Boden verbleiben. — Man glaubte dann, daß die Leguminosen mit Hülfe ihrer mächtig entwickelten Blätter in besonderem Grade im Stande wären, sich den ungebundenen Luftstickstoff anzueignen. Diese um die Mitte des laufenden Jahrhunderts sehr verbreitete Ansicht wurde durch die klassischen Untersuchungen Boussingault's[1]) widerlegt, welcher, auch durch Lawes, Gilbert und Pugh[2]) unterstützt, mit größter Sicherheit behauptete, daß keine Pflanze sich mit freiem atmosphärischem Stickstoff ernähren könne, denselben also, wie andere Nährstoffe, dem Boden entnehmen müsse. Dagegen erhob G. Ville[3]) verschiedene Einwände und stellte eine gegentheilige Hypothese auf, der gemäß die Assimilation des freien Luftstickstoffs durch die Pflanzen als eine nich unmögliche Erscheinung anzusehen wäre.

Das Vorhandensein derartig auffallender Widersprüche muß uns unstreitig auf den Gedanken führen, die damalige Untersuchungsmethode sei wohl nicht ganz unanfechtbar gewesen. Auch wurde bald schon damals eingesehen, der eingeschlagene Weg zur Lösung der genannten Frage müsse ein irriger sein und man lenkte immer mehr die Aufmerksamkeit auf die recht eigenthümlichen Anschwellungen, welche an den Wurzeln fast jeder Leguminosenpflanze wahrgenommen werden konnten: man suchte von nun ab auf irgend welche Weise die Thatsache der Stickstoffanreicherung des Bodens durch den Anbau von Leguminosen mit der Erscheinung der Wurzelknöllchen in kausalen Zusammenhang zu bringen. Der erste, der in dieser Hinsicht mit seinen Anschauungen an die Oeffentlichkeit trat, war Lachmann[4]) im Jahre 1858. Derselbe hält die fraglichen Knöllchen für physiologische Organe. 10 Jahre später beginnt mit der Arbeit von Woronin[5]) eine ganze Reihe von Untersuchungen, die ganz speziell die Erscheinung der Wurzelknöllchen zum Gegenstande haben. Einstweilen handelte es sich da hauptsächlich um die morphologische Seite der Frage. So fand Woronin, daß die Wurzelknöllchen in ihrer Hauptmasse aus einem Parenchymgewebe aufgebaut seien, in welchem man, nebst dem Plasma, eine Unmenge von winzig kleinen, rasch sich bewegenden Körperchen finde. Hugo de Vries[6]) bezeichnet die Knöllchen als adventive Wurzelzweige mit beschränktem Längenwachsthum. Die fraglichen Körperchen, die schon Woronin beobachtete, nennt Hugo de Vries Bakterien, welche erst nachträglich eindringen. — Nach Kny[7]), Prilleux[8])

---

[1]) s. Boussingault „Recherches .... dans le but d'examiner, si les plantes fixent .... l'azote, qui est à l'état gazeux dans l'atm..." in „Mem. de ch. agric. et de physiol." Paris 1854.

[2]) s. Lawes, Gilbert and Pugh in „Proceedings of the royal society", 1861, „Philosophical Transactions", II, p. 431—579.

[3]) s. G. Ville in Comptes-rendus de l'Académie de sciences" T. XXXIV, p. 464; T. XXXVIII, p. 705; und T. XLI, p. 757.

[4]) s. Lachmann „Knöllchen an den Wurzeln der Leguminosen" in „Landw. Mittheil., Zeitschrift d. landw. Lehranstalt zu Poppelsdorf". 1858, Heft I.

[5]) s. Woronin „Ueber die bei der Schwarzerle und der gewöhnlichen Garten-Lupine auftretenden Wurzelanschwellungen" in „Mémoires de l'Académie des sciences de St. Petersbourg". Série VII, T. X. 1866, Nr. 6, S. 6—10.

[6]) s. Hugo de Vries „Wachsthumsgeschichte des rothen Klees" in „Landwirthschaftliche Jahrbücher", Bd. VI, 1877, S. 933—37.

[7]) s. Kny „zu dem Aufsatze des Herrn Dr. Frank: „„Ueber die Parasiten in den Wurzelanschwellungen der Papilionaceen " in „Bot. Ztg." Bd. XXXVII. 1879, S. 540.

[8]) s. Prilleux „Sur la nature et sur la cause de la formation des tubercules, qui naissent sur les racines des legumineuses", in „Bulletin de la Soc. bot. de Françe", 1879, T. XXVI., p 98.

und Frank[1]) sollen sich diese Bakterien aus „Fäden", „Pilzhyphen" oder „Plasmodiensträngen entwickeln. Schindler[2]) bringt ein neues Moment zu dem bisher Bekannten hinzu: er spricht die Ansicht aus, zunächst als Vermuthung (sie sollte erst später als den thatsächlichen Verhältnissen entsprechend befunden werden!), daß die Knöllchen aus einem symbiotischen Verhältniß zwischen den Bakterien und der Pflanze resultiren. Eriksson[3]) bezeichnet die oben genannten Pilzhyphen als die Hauptursache der Knöllchenbildung. Brunchorst[4]) ist der Meinung, die Knöllchen seien normale Organe nicht pilzlicher Natur; er schlägt vor, die bakterienähnlichen Körperchen „Bakteroiden" zu nennen. Tschirch[5]) leugnet die vor ihm für Thatsache gehaltene Annahme, die sog. „Bakteroiden" seien Organismen. Beyerinck[6]) gelingt es schließlich, den Beweis zu führen, daß wir es hier thatsächlich mit organisirten Wesen zu thun haben: er züchtete mit Erfolg die Knöllchenbakterien in künstlichen Medien als Reinkultur.

Auf diesen Punkt war nun die Erforschung des Gegenstandes angelangt, als Hellriegel und Wilfarth[7]) ihre bahnbrechenden Arbeiten veröffentlichten. Das Hauptresultat derselben ist, daß es ohne jeden Zweifel Mikroorganismen seien, die die Knöllchenbildung hervorrufen, und daß nur knöllchentragende Pflanzen es vermögen, in stickstofffreien Medien normal zu gedeihen; hieraus wird weiter geschlossen, daß dieses merkwürdige symbiotische Verhältniß von Bakterien und Pflanze die alleinige Ursache der Befähigung der Leguminosen sei, den freien Luftstickstoff zu verwerthen. Die unbestreitbare, glänzende Lösung des Problems, das den Forschern vor dem Jahre 1888 so viele Schwierigkeiten bereitet hatte, verdanken Hellriegel und Wilfarth der exakten, streng-wissenschaftlichen Methode ihrer Untersuchungen.

Die neue hochinteressante Beleuchtung, welche die Frage durch die Entdeckung Hellriegels erfuhr, bewog noch in jüngster Zeit zahlreiche Forscher, darunter viele der hervorragendsten Kräfte auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie und Agrikulturchemie, dem Gegenstande wiederholt näher zu treten. — Da hier ein schönes Beispiel der noch wenig erforschten Erscheinung der Symbiose vorlag, so war dies mit ein Punkt, der die Biologen zu immer neueren Untersuchungen anspornte. — Auf diese Weise verfügen wir heute über zahlreiche gründliche Arbeiten auf dem in Frage stehenden Gebiete, so von T. Schlösing

---

[1]) s. A. B. Frank, „Ueber die Parasiten in den Wurzelanschwellungen der Papilionaceen," in „Bot. Ztg.", 1879, Bd. XXXVII, S. 379.

[2]) s. F. Schindler, „Zur Kenntniß der Wurzelknöllchen der Papilionaceen", in „Bot. Centralbl." Bd. XVIII, 1884, S. 84—88.

[3]) s. Eriksson, „Studier öfver Leguminosernas rotknölar", 1874. Referat in d. „Bot. Ztg.", 1884. S. 382.

[4]) s. Brunchorst „Ueb. d. Knöllchen a. d. Leguminosen-Wurzeln", in „Ber. d. deutschen bot. Ges.", 1885, Bd. III, S. 241—57.

[5]) s. Tschirch, „Beiträge zur Kenntniß der Wurzelknöllchen der Leguminosen", in „Ber. der d. bot Ges.", Bd. V, 1887, S. 58.

[6]) s. Beyerinck, „Die Bakterien der Papilionaceenknöllchen", in „Bot. Ztg." 1888, Nr. 49—50.

[7]) s. Hellriegel und Wilfarth, „Untersuchungen über die Stickstoffnahrung der Gramineen und Leguminosen", in „Tageblatt der Naturforscherversammlung", Berlin, 1886, erweitert als „Beilageheft" zu der „Zeitschrift des Ver. für Rübenzuckerindustrie des d. R." 1888.

und E. Laurent[1]), A. B. Frank[2]), Adam Prażmowski[3]), Beyerinck[4]), Nobbe, Schmidt, Hiltner und Hotter[5]), A. Pétermann[6]), Kossowitsch[7]), Nobbe und Hiltner[8]), Brümmer[9]), Liebscher[10]), Gonnermann[11]) u. A. — In diesen Arbeiten finden wir einmal die Wiederholung der Hellriegel'schen Versuche, dann aber auch den Gegenstand weiter entwickelt und die Lösung immer von Neuem auftauchender Nebenfragen[12]).

---

[1]) s. T. Schlösing et E. Laurent, „Sur la fixation de l'azote gazeux par les légumineuses", in „Compt. rend." T. CXI, p. 750.

[2]) s. A. B. Frank, „Ueber die Pilzsymbiose der Leguminosen", in „Ber. der d. bot. Ges." 1889, Bd. VII, Heft 8. — Weiter „Ueber die Pilzsymbiose der Leguminosen", in „Landw. Jahrbücher", 1890, Bd. XIX, S. 523.

[3]) s. Adam Prażmowski, „Brodawki korzeniowe grochu", in „Rozprawy Akademii umiejętności", Ser. II, T. I, str. 25—134, Kraków, 1891. Deutsch: „Die Wurzelknöllchen der Erbse", in „Landw. Vers.-Stat. , 1890, Bd. XXXVII, S. 161. 1891, Bd. XXXVIII, S. 5

[4]) s. Beyerinck, „Die Bakterien der Papilionaceenkn.", in „Bot. Ztg." 1888, und von demselben: „Künstliche Infektion von Vicia faba durch Bacillus radicicola," in „Bot. Ztg." 1890, S. 837.

[5]) s. Nobbe, Schmidt, Hiltner und Hotter, „Versuche über die Stickstoffassimilation der Leguminosen", in „Landw. Vers.-Stat." 1891, Bd. XXXIX, S. 327, Bd. XL, 1892, S. 137, 1894, Bd. XLV, S. 1.

[6]) s. A. Pétermann „Contribution à la question de l'azote", „I. note" Bruxelles, 1890; „II. note" 1892; „III. note" 1893, in „Mém. cour. de l'Acad. R. de Belgique."

[7]) s. P. Kossowitsch, „Durch welche Organe nehmen die Leguminosen den freien Stickstoff auf?" in „Bot. Ztg." 1892, Nr. 43-47 und von demselben: „Unters. über die Frage, ob die Algen freien Stickstoff assimiliren", in „Bot. Ztg." 1894.

[8]) s. F. Nobbe und L. Hiltner, „Wodurch werden d. Kn. besitz. Legum. befähigt, d. fr. atm. Stickstoff für sich zu verwerthen?" in „Landw. Vers.-Stat." 1893, Bd. XLIV, S. 257 und 1894, Bd. XLV, S. 155.

[9]) s. Brümmer, „Vers. üb. d. Kn.bildung an den Wurzeln der Papil.", in „Ber. d. Vers.-Stat. Jena". 1892.

[10]) s. G. Liebscher, VI. Beitrag zur Stickstofffrage", im „Journal für Landwirthschaft" 1893, Bd. XLI, S. 137.

[11]) s. M. Gonnermann, „Bakterien in d. Wurz.-Knöllchen der Legum." in „Landw. Jahrbücher", 1894, Bd. XXIII, S. 654.

[12]) vrgl. hierüber die jüngst erschienenen kritischen Zusammenstellungen A. Stutzer's, in „Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde", II. Abtheilung, 1896, Bd. II, S. 650, und vorher: Bd. I, 1895, S. 68.

Ueber die ältere und älteste Literatur vrgl. die ausführlichen historischen Einleitungen in folgenden Arbeiten:

α) Treviranus, L. C. „Ueber die Neigung der Hülsengewächse zu unterirdischer Knollenbildung", in „Bot. Ztg." 1853, XI. Bd.

β) W. Strecker, „Die Bereicherung des Bodens durch den Anbau „„bereichernder"" Pflanzen", in „Journal für Landw.", 1886, Bd. XXXIV, S. 1 u. ff.

γ) Vuillemin, „Les tubercules radicaux des Legumineuses," in „Annales de la science agron. française et étrangère." T. I. 1888.

Die allerneueste Literatur (in Stutzers Zusammenstellungen nicht vorhanden) ist ungefähr folgende:

a) Alfred Koch, „Zur Kenntniß der Fäden in den Wurzelknöllchen der Leguminosen", in „Bot. Ztg." 1890, S. 614.

b) Beyerinck, „Over ophooping van atmospherische stickstof in culturen von Bacillus radicicola" in „Ber. d. Akad. d. Wiss." Amsterdam, 1891, und von demselben: „Ueber die Natur der Fäden der Papilionaceenknöllchen", in „Centralbl. f. Bakteriol." 1894. Bd. XV, S. 728.

c) Lecomte, H., „Les tubercules radicaux de l'arachide (Arachis hypogaea L.)" in „Compt. rend." Bd. CXIX., 1894, p. 302.

d) Salfeld-Lingen, „Vernichtung der Leguminosenpilze durch Aetzkalk", in „D. landw. Presse", 1894, Nr. 83 und 100.

e) G. Jaspers, „Beitrag z. Impf. d. Leg.", in „D. l. Presse", 1895, S. 269.

f) Salfeld, „Kann man mittels Lehm Leguminosenpilze einimpfen?" in „D. l. Presse" 1894, Nr. 100.

Eingehendere analytische Untersuchungen, welche auf die Lösung der Frage nach dem Beginne der Stickstoffassimilation abzielen würden, fehlten bislang. Obgleich von hohem theoretischen Interesse, schien sie bis vor Kurzem für die Praxis ziemlich gleichgiltig zu sein: es galt nur zu wissen, wann wohl — in der Entwickelung der Leguminosen — der beste Zeitpunkt getroffen sein wird, sie für die Zwecke der Gründüngung unterzupflügen, resp. als Grünfutter zu ernten, wobei man hauptsächlich darauf bedacht war, das Maximum an organischer Substanz, sowie an assimilirtem Stickstoff zu erreichen. — Allgemein verbreitet und auch durch genaue Untersuchungen bestätigt war die Ansicht, daß 1. der Gewinn an

---

g) K. de Vrieze, „Kann man mittels Lehm Leguminosenpilze einimpfen?" in „D. l. Presse", 1895, Nr. 26.

h) Winogradsky, G., „Sur l'assim. de l'azote gazeux de l'atmosphère par les microbes", in „Comptes rend." 1893, Bd. CXVI, p. 1385, 1894, Bd. CXVIII, p. 353, und von demselben: „Recherches sur l'assimilation du nitrogéne libre de l'atm. par les microbes." in „Archives de sciences biologiques" St Pétersb., 1895, Bd. III, p. 297.

i) Salfeld, „Die Wirkung von Lehm aus dem Untergrunde und von Seeschlick und die Knöllchenbakterien d. Leguminosen", in „D. l. Presse" 1895, Nr. 45.

k) Nobbe, „Unters. und Vers. üb. Bodenimpf. mit symb. auf d. Wurz. d. Leg. leb. Bakterien". Vortrag, geh. zu Lübeck, gelegentlich der „Versammlung d. Naturfr. u. A." 1895, auch „Bot. Centralbl." Bd. LXVIII, S. 171, 1896.

l) Erwin F. Smith, „Root tubercles of Leguminosae", in „The American Naturalist" 1895, p. 898.

m) Stutzer, Burri und Maul, „Untersuch. über die Anpass. verm. v. Bac. rad. an e. fremden Nährboden", in „Centralbl. f Bakteriologie" II. Abth., 1896, Bd. II, S. 665.

n) Take, Immendorf, Hessenland, Schütte und Minßen, „Ueber die Verh. d. Bakt. d. Leg.-Knöllchen gegen Aetzkalk", in „Mitth. d. Ver. z. Förd. d. Moork. im D R.", 1895, Bd. XIII, S. 389.

o) Clos, D., „Caractères extérieurs et modes de repartition des petits tubercules ou tuberculoides des Leg.", in „Compt. Rend." T. CXXIII, 1896, p. 407.

p) Nobbe F. und Hiltner L., „Ueber die Anpassungsfähigkeit der Knöllchenbakterien ungleichen Ursprungs an verschiedenen Leguminosengattungen", in „Landw. Vers.-Stat.", 1896, Bd. XLVIII, S. 257. Auch in „U. S. Departm. of agricult. Experim. stat. record." Vol. VIII, No. 6. Washington. 1897. Darin die Grundlage für die Nitraginfrage.

q) v. Thümen, R., „Die Bed. d. Schmetterlingsblütler als Stickstoffsammler und die Bodenimpfung", in „Prometheus", 1896, Nr. 370, 371.

r) Bouilhac, R., „Sur la fixation de l'azote atmosphérique par l'association des algues et des bactéries", in „Compt. rend." T. CXXIII, 1896, p. 828.

s) Naudin, Ch., „Nouvelles recherches sur les tubercules des leg.", in „Compt. rend." 1896, T. CXXIII, p. 666.

t) Thiel, „Mittheilung über die Frage d. Leg.-Knöllchen", in „Jahrb. d. dtsch. Landw.-Ges. 1896, Bd. XI, S. 48.

u) Mazé, „Fixation de l'az. l. par le bac. des nod. des leg.", in „Ann. de l'inst. Pasteur", 1897, p. 44.

w) Janse, I. M., „Les endophytes radicaux de quelques plantes jav.", in „Ann. du jard. Buitenzorg.", 1896, Vol. XIV, p. 53.

x) Hiltner, L., „Ueber die physiol. Bed. d. Erlenknöllchen", in „Forstl. naturw. Ztschr." 1897, S. 23.

y) Meyer, W., „Zur Bodenimpfung mit Bakt. für Leg.", in „Ztschr. f. öff. Gesundheitspfl.", Weimar. 1897, S. 256.

z) A. Fischer, „Vorlesungen über Bakterien", Jena 1897. Kap. X: „Die Assim. d. fr. Stickstoffs in den Kn. d. Leg. und durch Bodenbakt.": darin kritische Sichtung der ganzen Frage bis auf den heutigen Standpunkt.

Stickstoff mit der Quantität der produzirten organischen Substanz wachse [1]) und 2. der Höhepunkt in beiden Richtungen während der Blüthe erreicht werde. [2]) Demgemäß wurden Leguminosenpflanzen, wo es auf grüne Masse ankam, gewöhnlich zur Zeit ihrer vollen Blüthe untergepflügt, resp. zu Futterzwecken geerntet.

Als nunmehr aber der Zwischenfruchtbau, für welchen viele Forscher etwa seit einem Jahrzehnt die nöthige wissenschaftliche Basis zu schaffen bestrebt sind, wofür auch hervorragende Praktiker wichtige Beiträge geliefert haben, immer mehr in den Vordergrund tritt, begegnen wir öfter Verhältnissen, unter welchen die Leguminosenpflanzen in ihrer Entwickelung kaum soweit gebracht werden können, daß uns ein Stickstoffplus gesichert ist; der beabsichtigte Zweck wird dann nicht erreicht. Bauen wir beispielsweise ein Erbswickengemenge unmittelbar nach einer Gramineenernte, erfolgt hier also die Saat frühestens Ende Juli oder Anfang August, so ist schwerlich zu erwarten, daß alle Pflanzen vor Winter erblühen. Oft ist die betreffende Oertlichkeit klimatisch derart ungeeignet, daß es im Herbste an nöthiger Wärme gebricht und der gegebene Zeitraum zu kurz ist, als daß wir vor Winter auch nur Knospen gewahr werden. Es nimmt daher nicht Wunder, wenn unter solchen Verhältnissen eine Gründüngung mit Erbswickengemenge auf besseren Böden, bei welcher wir auf einen Stickstoffgewinn rechnen zu dürfen glaubten, nicht immer günstige Resultate ergiebt, und der Ertrag der darauffolgenden Pflanzenvegetation unsere Erwartungen täuscht. [3]) Anders wäre freilich die Sachlage gewesen, hätte man das Erbswickengemenge überwintern, im Frühjahr zur höchsten Entwickelung gelangen lassen und erst dann unterpflügen können. [4]) Doch dies sind Verhältnisse, die aufzuklären wohl nur der Praxis überlassen werden kann. — Indessen kann unsere Spezialfrage, die uns obige Erörterungen aufdrängen, allein auf dem Wege genauer Topfversuche im Laboratorium gelöst werden. Es handelt sich hier, wie gesagt, darum, ob in der That die Leguminosenpflanze unter allen Verhältnissen bis zur vollen Blüthe gebracht werden muß, um ein Stickstoffquantum zu ergeben, das den Stickstoffgehalt in Samen und Düngung aufheben und übersteigen würde? Ob wir nicht vielleicht, unter gewissen Umständen, schon zu Anfang der Blüthe, oder möglicherweise noch früher, von einem Stickstoffgewinn reden können, der das Unterpflügen oder eine Ernte rechtfertigen würde?

---

[1]) s. A. Pétermann, Contribution à la question de l'azote", „I. note", in „Mémoires couronnés, publ. par l'Acad. R. de Belgique", T. XLIV, 1890. — Vrgl. auch: B. Frank, „Unters. über d. Ern. d. Pfl. mit Stickstoff und über d. Kreisl. dess. in d. Landw.", in „Landw. Jahrb." 1888, Bd. XVII, S. 421. Ferner G. Liebscher, in „Journ. f. Landw.", 1888, Bd. XXXV, S. 335. St. Kowerski, „Der weiße Senf" ꝛc. Dissert. Halle, 1895, S. 13.

[2]) s. R. Pott, „Unters. über d. Wachsthum der Leguminosen", in „Landw. Vers.-Stat." Bd. XXV, S. 57. Nach E Schmid (s. „D. landw. Presse" 1886, Nr. 7) ist sogar schon der Anfang der Blüthe, wobei ja der Höhepunkt der Pflanzenentwickelung noch nicht erreicht ist, das Stadium, in welchem die Pflanzen am reichsten an Stickstoff sind; wogegen A. B. Frank an einer Stelle seiner zahlreichen Arbeiten über die Stickstoffernährung der Leguminosen folgendermaßen sich äußert: „Das Quantum des in Verbindungen übergeführten Stickstoffs erreicht sein Maximum, oder wird wohl manchmal überhaupt erst bemerkbar, wenn die betreffende Pflanze ihre höchste Entwickelung erreicht hat" (l. c.)

[3]) s. Jul. Kühn „Die wirthschaftl. Bedeutung der Gründüngung u. d. Ausnutzung d. Stickstoffs in Stallmist u. Gründung", in „Berichte aus d. physiol. Labor. u. d. Vers.-Anst. d. l. Inst. d. Univ. Halle a. S." 1895, Heft XII, S. 131.

[4]) Bei uns nur mit der Sandwicke möglich. In der Mittelmeerzone auch mit anderen Futterpflanzen durchführbar.

Auf Anregung des Herrn Geheimen Ober-Reg.-Rathes Prof. Dr. Julius Kühn führte ich im landwirthschaftlichen Institut der Universität Halle a. S., im Sommer 1896, einen Vegetationsversuch aus, der einen Beitrag zur Lösung dieser Frage liefern sollte. —

Ich lasse zunächst eine genaue Beschreibung dieses Versuches folgen, um dann auf seine Ergebnisse näher einzugehen.

II. Anordnung und Ausführung des Versuches bis zur Ernte.

Bei Entwerfung des Versuchsplans ging ich von folgenden Grundgedanken aus:

1. Die erste Untersuchung der zum Versuche angebauten Leguminosen sollte möglichst bald nach Beendigung der Keimperiode der Pflanzen vorgenommen werden; die folgenden sollten auf Entwickelungsstadien fallen, die voneinander durch ungefähr gleiche Zeitabstände getrennt sind und auch ohne Weiteres an den wachsenden Pflanzen erkannt werden können. Die betreffenden Momente wurden folgendermaßen festgesetzt:

I. Untersuchung: Zeitpunkt zwischen Abschluß des Keimungsprozesses und Anlage der Blüthenstände (ungefähr zwischen dem 8—10 Blatt).

II. Untersuchung: Beginn der Blüthe, dem Zeitpunkte entsprechend, an welchem man im Felde, hie und da, also nicht unbedingt an jeder Pflanze, die ersten Blüthen gewahr wird.

III. Untersuchung: Volle Blüthe.

IV. Untersuchung: Nach dem Abblühen.

V. Untersuchung: Während der Reife.

Ursprünglich wurde noch eine Untersuchung geplant nach eingetretener Anlage der Blüthenstände, also etwas vor der Blüthe. Später wurde dieselbe aber ausgelassen, da die beiden Untersuchungen zu dicht nach einander erfolgt wären: nach deutlicher Entwickelung der Blüthenstände erfolgte nämlich die Blüthe selbst gleich 2—3 Tage darauf.

2. Als Versuchspflanzen sollten Erbsen und Wicken (Pisum sativum und Vicia sativa) dienen; sie sollten getrennt kultivirt werden, weil, obgleich in der allgemeinen Entwickelung ziemlich analog und deshalb in der Praxis gern als Gemenge gebaut, sie doch gewisse Verschiedenheiten, was die Stickstoffassimilation betrifft, aufweisen konnten.

3. Um die Frage möglichst vielseitig behandeln zu können, sollten die Pflanzen verschiedenen Wachsthumsbedingungen ausgesetzt werden; es sollte ihnen also erstens verschiedene Düngung zu theil werden, außerdem sollte aber eine Gefäßreihe sterilisirten Boden erhalten.

4. Neben den für die chemische Analyse von Pflanzen und Boden bestimmten Gefäßen, sollte noch eine Reihe für die mikroskopische Untersuchung der Knöllchen aufgestellt werden, um den eventuellen Zusammenhang zwischen Knöllchenentwickelung und Stickstoffassimilation studieren zu können.

5. Die Pflanzen sollten während der ganzen Vegetation atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt werden, wobei man so sehr als möglich die Schaffung der normalen Verhältnisse im Felde anstrebte: sie durften also kein einziges Mal in das Vegetationshaus gefahren werden. — Da nun aber die Gefahr einer vollständigen Vernichtung des Pflanzenbestandes durch event. Platzregen oder Hagel vermieden werden mußte, spannte ich leicht verschiebbare Wachstücher über den Pflanzen mit Hilfe von Drähten aus.

Nach diesen leitenden Gesichtspunkten wurde nun der Versuch, wie folgt, ausgeführt:

Es wurden in Summa 108 Zinkgefäße, in 3 Reihen, auf einer Ziegelsteinunterlage, im Freien aufgestellt. — Ueber jeder Reihe wurde je ein bewegliches Stück Wachstuch von ca. 1 m Breite und $3^1/_2$ m Länge auf Drähten von 2 mm Stärke ausgespannt, in einer Höhe über den Gefäßen von 1 m 20 cm. Daß die Pflanzen höher wuchsen, wurde nicht erwartet, und bestätigte sich auch später. Die Tücher, an welche kleine Messingringe angenäht waren, konnten vermittelst letzterer auf den Drähten leicht und schnell hin- und hergeschoben werden. Die Vorrichtung war ähnlich denjenigen, wie sie in den photographischen Ateliers zur Anwendung kommen. Um das Abströmen des Regenwassers zu erleichtern, war ein gewisses Gefälle (1 : 4) der Wachstücher hergestellt. Es bewährte sich diese Einrichtung ganz befriedigend.

Die Gesammtzahl der Gefäße zerfiel, wie bereits gesagt, in 3 Serien; in jeder Serie waren 18 Töpfe mit Erbsen und ebensoviel mit Wicken bestellt, jede der anfänglich geplanten 6 Untersuchungen bedurfte nämlich je 3 Erbsen- und 3 Wicken-Töpfe aus jeder Serie: 2 Töpfe zur chemischen Analyse (der eine von beiden zur Kontrole) und der 3. für die mikroskopische Untersuchung; im Ganzen also 108 Töpfe. — Die einzelnen Serien wurden insofern verschieden behandelt, als die I. Serie nur reine Mineraldüngung (Kali und Phosphorsäure) bekam, die II. außerdem eine Stickstoffdüngung (Chilesalpeter), während bei der III. Serie die Pflanzen auch mit einer Mineral- und Stickstoff-Düngung versorgt wurden, außerdem aber wurde hier der Boden sterilisirt. Letzteres erfolgte, indem derselbe 5—6 Stunden lang einer Temperatur von 115—125° C. ausgesetzt wurde; die Bodenschicht, die im Ofen jedesmal auf den erhitzten Eisensiebplatten, von denen sie durch eine Papierlage getrennt war,[1]) zu liegen kam, war höchstens $1^1/_2$—2 cm dick und wurde während der Sterilisation mehrmals gewendet. — Der Boden war ein sandiger Lehm[2]) und entstammte dem Versuchsfelde des landwirthschaftlichen Instituts der Universität Halle; im Vorjahr wurde auf der betreffenden Fläche vor Erbsen mit Stallmist gedüngt, der Kraftzustand war also befriedigend. — Das Bodenmaterial wurde in einem überdachten Raume auf Asphaltboden ausgebreitet; es war ziemlich feucht eingefahren worden und bedurfte mehr als eine Woche, während welcher die dünne Schicht (8—10 cm) 3—4 Mal täglich gewendet wurde, bevor ich an das Füllen der Gefäße schreiten durfte. Ganz lufttrocken, wie es der Genauigkeit halber wünschenswerth gewesen wäre, war der Boden nicht; länger konnte jedoch nicht gewartet werden. An den Tagen, wo die Gefäße gefüllt werden sollten, wurde der ganze Haufe auf das Sorgfältigste durchmischt, aus einigen 20 Stellen wurden Proben genommen und darin der Feuchtigkeits-

[1]) 3 mm dicke Pappe; dünneres Material verbrannte.

[2]) Die mechanische Analyse, mit dem Schlemmcylinder von Prof. Jul. Kühn ausgeführt, ergab 27,13 % abschlemmbare Theile. Die wasserfassende Kraft wurde zu 34 % ermittelt.

gehalt bestimmt. — Auf diese Weise wurde das Bodentrockensubstanzquantum ermittelt, welches zum Füllen des einzelnen Topfes nothwendig war. Jeder Topf[1]) erhielt danach 6,6 kg lufttrocknen Boden. Das schon vorhandene Wasser wurde auf die Hälfte der Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens ergänzt, was ca. 1,1 l pro Topf ausmachte: dieser Feuchtigkeitsgrad wurde während der ganzen Vegetationszeit beibehalten. — Vor dem Füllen wurde das für jeden einzelnen Topf bestimmte Bodenquantum mit einem Theil der Düngung innig vermischt, und, der Genauigkeit wegen, zuerst die eine Bodenhälfte, womit dann der Rest vermengt wurde. — Die Düngerquantitäten waren, wie folgt, bemessen: pro Topf (314 □ cm Oberfläche) kamen: 2,0258 g Kainit (entsprechend 40 % Kali pro $^1/_4$ ha = 1 preuß. Morgen), 1,2772 g Chilesalpeter (entspr. 30 % Stickstoff pro $^1/_4$ ha) und 0,7388 g Superphosphat (entspr. 20 % wasserlösliche Phosphorsäure pro $^1/_4$ ha).[2]) — Der Kainit, das Superphosphat, sowie $^1/_4$ der Chilesalpeterdosis wurden vor dem Füllen in oben angedeuteter Weise dem Boden zugefügt; die übrigen $^3/_4$ der Chilesalpetermenge wurden in 3 Portionen — nachdem die Pflanzen eben aufgegangen, zwischen der Entwickelung des 3. und 4. und zwischen der des 6. und 7. Blattes — in Wasser gelöst, als Kopfdüngung verabreicht.

Das Füllen der Gefäße und die Saat erfolgten zwischen dem 2. und 5. Mai: am 2. Abends wurden die Erbsen der I. Serie ausgelegt; am 3. Morgens die Wicken der I., Abends die Erbsen der II. Serie; am 4. Morgens die Wicken der II., Abends die Erbsen der III. Serie, schließlich am 5. Morgens die Wicken der III. Serie. — Auf den Grund eines jeden Gefäßes kam eine 3 cm dicke Kiesschicht (1434 g) zur Förderung der Luftzirkulation im Boden: die Kiesschicht war mit der Außenluft durch eine Röhre in Verbindung gesetzt, welche, am Grunde des Gefäßes aus der Seitenwand austretend, nach oben gebogen war und in der Höhe des Gefäßrandes endigte. Bei der sterilisirten Serie kam doppelt so viel Kies in die Gefäße, also 6 cm hoch; um soviel hatte sich nämlich das Volumen des sterilisirten Bodens im Vergleich mit dem natürlichen verringert: das Fehlende mit Boden selbst zu ergänzen, wurde verworfen, um später, bei Aufstellung der Stickstoffbilanzen der 3 Serien, überflüssige Kalkulationen vermeiden zu können. Das Volumen aber überhaupt nicht zu ergänzen, war deshalb nicht rathsam, weil dann der Rand der Gefäße, der über den Boden 1, höchstens $1^1/_2$ cm hervorragen durfte, 4—$4^1/_2$ cm hervorragen würde, und dies war unbedingt als schädlich für die Pflanzenentwickelung anzusehen. — Daher wurde nun der übrigbleibende Raum mit Kies ausgefüllt. — Der Kies wurde mit Wasser leicht benetzt, um dem Boden nicht unnütz Feuchtigkeit zu entziehen, worauf die 6,6 kg Boden (auf lufttrockne Masse berechnet) in die Gefäße gefüllt wurden. Es geschah dies kiloweise, und zwar deshalb, um zu vermeiden, daß die zugehörige Wassermenge, die doch immer ziemlich beträchtlich war (1,1 l), nicht auf einmal gegossen werde. Letzteres hätte zur Folge gehabt, daß der Boden sich zu sehr gesetzt hätte und auch das Wasser schwerlich gleichmäßig hätte vertheilt werden können. Außerdem ist bei theilweiser Füllung das normale, gleichmäßige Gefüge des Bodens, welches hier sehr

[1]) Es wurden die gewöhnlichen Zinktöpfe von 20 cm Durchmesser und 25 cm Höhe gebraucht. Sie konnten mir nicht alle von gleichem Gewicht geliefert werden, und mußte vor dem Füllen jeder auf das höchste vorhandene Gewicht von 1289 g mit Zuhilfenahme von Bleiblechstreifen tarirt werden.

[2]) Ich verfügte über 12,4 %-igen Kainit, 14,75 %-igen Chilesalpeter, 17 %-iges Superphosphat; danach pro Topf: 0,2512 g K_2O; 0,1884 g N; 0,1256 g P_2O_5.

erwünscht war, eher zu erreichen. — Das Wasser wurde also auch nur theilweise, jedesmal nach der Füllung eines Kilogrammes Boden, vermittelst eines Zerstäubers in die Gefäße gebracht. — Bevor das letzte Kilo Boden in die Töpfe kam, wurde die Oberfläche sorgfältig geebnet mit Hilfe eines kleinen Holzstückes, wobei jedoch jedes Drücken vermieden wurde: wenngleich nämlich der Boden, der in die Gefäße einfach geschüttet wird, hier einen weit lockereren Zusammenhalt hat, als etwa ein frisch bestellter Acker, so wirkt doch das gleichmäßig gegossene Wasser in der erwünschten Richtung vollauf genügend, so daß ein Drücken beim Füllen des Bodens überflüssig ist.

Auf die gut geebnete Oberfläche gelangten nun die ausgekeimten Samen, auf diese der Rest des Bodens. Die Samen kamen ungefähr 2 cm tief zu liegen. — Vor der Saat wurde das Saatgut selbstverständlich auf seine Keimfähigkeit geprüft, um später mit dem zum Ankeimen aufzustellenden Materiale sicher reichen zu können. Hierbei erwies sich, daß von den Erbsen 100 % in normaler [1]) Frist, also innerhalb von 10 Tagen, meistentheils sogar noch schneller — innerhalb von 3—4 Tagen, keimfähig waren. — Mit den Wicken wurden mehrere Versuche angestellt, da mir die Verschiedenfarbigkeit des Saatguts auffiel und ich in der Literatur nichts fand, was meine Bedenken hätte beseitigen können.[2]) Die überwiegende Mehrzahl war grünlichgrau gefärbt, dann folgten tiefschwarze Samen, ein Geringes machten die hellgrünen und rosagefärbten aus. — Es wurden mehrere Male je 100 Samen einer Farbe ausgesucht und gesonderten Keimversuchen unterzogen: es ergab sich, daß innerhalb von 3 Tagen von den grünlichgrauen 100 % keimten, von den schwarzen waren über 10 % keimungsunfähig; bei den übrigen war das Verhältniß etwas besser, doch keimten auch sie, gleich den schwarzen, sehr schwer. Im Stickstoffgehalte konnten keine erheblichen Unterschiede festgestellt werden. — Wie etwa diese Verhältnisse zu deuten wären — versuchte ich nicht weiter zu ergründen: es hätte mich dies von meiner eigentlichen Aufgabe zu weit abgelenkt. — Auf alle Fälle glaubte ich bei meinem Versuch sicherer vorzugehen, wenn ich nur die gräulich-grauen Samen in Anwendung brachte.

Bei der Saat kamen in jeden Topf doppelt soviel angekeimte Samen (immer 10), als später Pflanzen beibehalten werden sollten; dies zu dem Zweck, um event. schwach sich entwickelnde Individuen ausschließen und nur kräftige Pflanzen weiter wachsen lassen zu können. Wie sich nun später zu meiner Freude ergab, ist diese Vorsicht im vorliegenden Falle überflüssig gewesen: es versagte kein einziger Same; alle Pflanzen gingen gleichzeitig auf und waren so gleichartig, daß es schwer war, die schwächeren von den stärkeren zu unterscheiden. Ich halte es daher für genügend, nur 1 oder 2 (angekeimte) Samen in jeden Topf mehr auszulegen; man kann dann, nach dem Aufgehen der Pflanzen, die eine oder 2 überflüssigen entfernen, ohne ihren Stoffgehalt weiter in Rechnung ziehen zu müssen. Bei 5 Pflanzen lassen sich freilich diese Werthe nicht mehr vernachlässigen. — 5 Pflanzen pro Topf (314 □ cm Oberfläche) ließ man also weiter wachsen: diese Zahl schien nämlich den Abständen auf dem Felde zu entsprechen. [3])

Die Pflanzen gingen normal auf und entwickelten sich während der ersten 14 Tage sehr gleichmäßig und befriedigend. Um den 25. Mai herum fingen jedoch die Wicken an zu

[1]) nach Nobbe's „Techn. Vorschriften für die Samenprüfung", Berlin, Parey, 1895.

[2]) in F. Nobbe's „Handbuch der Samenkunde" Berlin, 1876, — fand ich keine genügende Erklärung im betr. Kapitel a. S. 75.

[3]) wobei ich mich auf die Zusammenstellung in Mentzel u. v. Lengerke's „Landw. Kalender" stützte.

kränkeln: trotz normaler Wasserzufuhr schienen sie allmählich vertrocknen zu wollen. Es zeigte sich dieser Zustand zuerst bei der I. Serie; wenige Tage darauf bei der II. und III. jedoch auch, so daß derselbe nicht auf einen Stickstoffhunger zurückgeführt werden konnte; höchstens könnte man annehmen, daß um diese Zeit die Wurzeln, in ihrer Entwickelung, bis auf den Grund der Gefäße gekommen waren, oder vielmehr auf die Kiesschicht gestoßen waren. — Nach einiger Zeit jedoch war die Störung überwunden, und die Pflanzen begannen kräftige Seitentriebe zu bilden, die bald ihrer Länge und Blattfülle nach die Haupttriebe überholten: letztere waren bei den allermeisten Töpfen ganz eingegangen. — Von diesem Zeitpunkte ab entwickelten sich die Wicken weniger regelmäßig und standen den Erbsen weit nach in dieser Hinsicht. — Am wenigsten von diesem Uebel betroffen schien die II. Serie zu sein, die überhaupt während ihrer ganzen Entwickelungszeit nichts zu wünschen übrig ließ. Bis um Mitte Juni ca. standen die Pflanzen der I. Serie nicht schlechter, von da ab jedoch gewann die II. Serie entschieden die Oberhand und bewahrte sie bis zum Schlusse der Vegetation: als die I. Serie schon ganz reif und vertrocknet war, ging die Bildung von Pflanzenmasse bei der II. Serie noch immer fort. — Die sehr deutliche Tendenz, welche die II. Serie zu einer intensiven Bildung von grüner Masse zeigte, war der Grund, weshalb die Blüthe hier weit später eintrat, als bei der I. Serie (vergl. die Daten der II. Untersuchung, Tabelle A: 30. Juni bis 5. Juli). — Es war dies eine direkte Wirkung der Chilesalpeterdüngung, die sich auch ganz besonders in der Fruchtbildung kund gab: die Pflanzen der II. Serie hatten durchschnittlich doppelt soviel Schoten gebildet als die der I. Serie.

Die III. Serie kam infolge der Sterilisation sehr kümmerlich vorwärts. Hier half die Stickstoffdüngung nicht mehr, oder wenigstens sehr schwach, wenn wir Folgendes in Betracht ziehen wollen. Anfangs Juni wurde nämlich eine eigenthümliche Braunfärbung der jüngeren Blätter beobachtet, welche von der Spitze ausgehend, bis zur Mitte fortschritt. Es war dies eine von der Vertrocknung sehr differirende Erscheinung, da letztere ja von unten her beginnt; auch zeigen dann die Blätter eine Entfärbung ganz anderer Art. Uebrigens wurde ja auch die normale Wasserzufuhr kein einziges Mal eingestellt. Die dritte Stickstoffkopfdüngung vermochte dieser krankhaften Erscheinung wohl etwas abzuhelfen, jedoch in sehr geringem Maße: die Pflanzen entwickelten sich kärglich, die Wicken dieser (III.) Serie gingen Anfang Juli ohne Ausnahme ganz ein, und auch die Erbsen dieser Reihe zeigten eine äußerst ungleichmäßige Entwickelung. — Weiter wurde beobachtet, daß die Blätter der Pflanzen der III. Serie viel kleiner waren als bei der II. und I. Serie; besonders scharf trat dieser Unterschied bei den Wicken auf (vergl. Fig. 1), obwohl er auch bei den Erbsen mit ziemlicher Deutlichkeit beobachtet werden konnte.

Fig. 1.

Ueberhaupt bestätigten sich bei der III. Serie alle Beobachtungen, die L. Richter an in sterilisirtem Boden kultivirten Pflanzen gemacht hat.[1]) Unter anderen betonen wir ganz besonders die außergewöhnlich üppige Entwickelung der Nrn. 73, 84, 87 (alles Erbsen), die an Masse alle anderen Töpfe, auch der

[1]) s. in „Landw. Vers.-Stat. 1896, Bd. XLVII, S. 269. — Die Krankheitserscheinung selbst wird nach Richter durch die zersetzten Humussubstanzen hervorgerufen, deren anfänglich zu konzentrirte Lösung die Wurzeln zu schädigen scheint.

ersten beiden Serien, übertrafen, ebenso an Schotenmenge; während die Mehrzahl der anderen Pflanzen der III. Serie einging und die übrigen nur eine mangelhafte Vegetation behaupteten. — Es ließ sich ferner bei der III. Serie ein sonderbares Drängen in der ganzen Entwickelung bemerken, namentlich bei den Wicken: die meisten Pflanzen hatten noch nicht angefangen zu blühen, als einige Wicken der III. Serie schon Schoten gebildet hatten. Die Blüthe begann bei der III. Serie zuerst, sowohl bei den Erbsen, wie bei den Wicken. Diese Sachlage schloß selbstverständlich eine gleichmäßige Entwickelung vollständig aus, was die Wahl von Durchschnittsexemplaren für die chemische Untersuchung nicht unwesentlich erschwerte. Dieser Uebelstand ist auch bei den Wicken der ersten beiden Serien zu vermerken, jedoch in viel geringerem Grade, als bei der III. Serie, während er bei den Erbsen der I. und II. Serie garnicht, oder nur wenig auftrat.

Im Allgemeinen, auf Grund eingehender und häufiger Beobachtungen im Laufe der ganzen Vegetation meines Bestandes, glaube ich behaupten zu dürfen, daß sich die Erbse zu Versuchszwecken weit besser eignet, als die Wicke, welche ein gar zu unzuverlässiges Material bietet. Die Erbse reagirt weit besser auf die Wirkung des angewandten Düngers und ist weit weniger empfindlich gegen das schlechte Wetter und Krankheiten; eine Pflanze entwickelt sich ebenso normal, wie die andere, in jeder Entwickelungsperiode haben wir einen geschlossenen Bestand vor uns, aus dem mit größter Leichtigkeit die entsprechenden Durchschnittsexemplare zur Untersuchung gewählt werden können (vergl. die fettgedruckten Ziffern der Rubrik „st“ der Tab. A, sowie die ziemlich übereinstimmenden Gewichtsangaben für dieselben Gefäßnummern in der Rubrik „st“ der Tab. C bei Erbsen).

Das normale Gedeihen der Pflanzen von der Blüthe ab wurde vielleicht auch durch den Mangel an genügender Pflege beeinträchtigt; der Grund dafür lag darin, daß die Ernte hier zu verschiedenen Zeiten vorgenommen wurde. Oft war eine Untersuchung noch nicht beendet, als man wieder zu einer neuen Ernte schreiten mußte, und zu einer angemessenen Pflege des übrigbleibenden Pflanzenbestandes gebrach es eben an Zeit. Schließlich entschloß ich mich, die chemische Untersuchung einstweilen zu unterlassen. Das Erntematerial, einschließlich des Bodens wurde jedesmal in fest zugepfropften Flaschen bis zur Zeit nach der letzten Ernte aufbewahrt.

In Bezug auf die Pflege wurde streng darauf geachtet, daß in den Töpfen 50 % der absoluten Wasserkapazität des Bodens dauernd gesättigt blieben;[1]) in Perioden einer hohen Hitze wurde oft 2 mal täglich begossen. Hierbei wurde mit großem Vortheil, in Bezug auf Bequemlichkeit der Handhabung und Gleichmäßigkeit im Vertheilen der Wassermenge über die ganze Oberfläche des Topfes das System des Zerstäubers angewandt, dem Zwecke des Begießens angepaßt von Dr. Fr. Falke-Halle. Gegen diese Methode wäre nur einzuwenden, daß sie viel Zeit in Anspruch nimmt. Freilich kommt dies nur bei Arbeiten, wie die vorliegende, in Betracht, wo man alle paar Tage eine Ernte vornehmen muß und mit Arbeit anderer Art als bloße Pflege der Versuchspflanzen überhäuft ist. Daher möchte ich meinen, daß eine Gießkanne, deren Sieb mit genügend kleinen Löchern versehen, beinahe ebenso gut ist, dabei

[1]) Das zulässige Minimum war 40 %, das Maximum 60 %.

aber schneller arbeitet; nur darf die Kanne nicht zu groß sein, da sonst der Druck der Wassermenge die Wasserstrahlen mit einer Wucht heraustreibt, die den Boden zu sehr zusammenschlägt. — Die nöthige Wassermenge wurde jedesmal dem Gewichte nach bestimmt, indem auf einer Wage begossen wurde Zum Gießen wurde Leitungswasser angewandt, welches sich bei der Untersuchung als stickstofffrei erwies; zur Ausführung der Stickstoffbestimmung wurden 25 l eingedampft.

Da man bei Anstellung des Versuches von der Forderung ausging, die Pflanzen der vollen Einwirkung der Atmosphäre nicht zu entziehen, sie auch vor der Unbill des Sturmes nicht zu schützen (mit Ausnahme von Hagel und Platzregen, s. oben), wie dies die zu behandelnde Frage verlangte, so erhielten die Pflanzen die im Sommer 1896, namentlich Ende Juni und den ganzen Juli lang, nicht allzu seltenen Regengüsse ungehindert. — Nur in Fällen, wo der Regen zu lange dauerte, und eine mit Hilfe eines neben den Pflanzen aufgestellten Regenmessers angestellte Berechnung annähernd ergab, daß die Norm der 50 % der Wasserkapazität des Bodens erreicht war, wurden die über den Pflanzen aufgezogenen Wachstücher ausgebreitet. Letztere waren in einer solchen Qualität gewählt, daß sie auch nach mehrmonatlichem Gebrauch nicht einen Tropfen Wasser durchließen. Sie wurden in einer Höhe angebracht, die unter denselben einen genügend freien Luftzug gestattete; auch wurde hierbei darauf geachtet, daß die Umgebung der Pflanzen nicht zu sehr durch das überzogene schwarze Tuch verdunkelt würde.

Ganz hervorragend günstig in Bezug auf das Gedeihen der Pflanzen war der Einfluß einer jeden Hacke; namentlich in den ersten Vegetationsperioden war derselbe am nächsten Tage schon augenfällig; erklärlich genug, wenn berücksichtigt wird, daß wir es hier mit einem sandigen Lehm zu thun hatten, der von Natur, namentlich aber auch infolge des häufigen Begießens — anfangs dreimal — mit salzhaltigen Lösungen bei der II. und III. Serie stark zur Krustenbildung neigte. — Das Hacken wurde mittelst eines eigens dazu konstruirten kleinen Instrumentes ausgeführt.

Was die Pflege weiter anlangt, so wurden die Pflanzen, als sie Ranken zu bilden begannen, mittelst Bast an Stäbe gebunden; außerdem wurde zwischen den Stäben und um dieselben der Bast in verschiedenen Richtungen gezogen, was den raschen Wuchs der Pflanzen sehr förderte. Die Stäbe selbst wurden an der Außenwand der Gefäße befestigt, nicht einfach in den Boden gesteckt.

Von thierischen Feinden hatten die Pflanzen im Allgemeinen nicht viel zu leiden; namentlich frei von ihnen war die II. Serie dank der Stickstoffdüngung und sonst normalen Wachsthumsverhältnissen; die Pflanzen der I. Serie mußten viel öfter von Blatt- und Schild-Läusen gereinigt werden. Am schlimmsten befallen war die III. Serie, und im Besonderen die Wicken: es hatte hier wieder die Sterilisation die Wirkung der Stickstoffdüngung vollständig gelähmt. — Von sonstigen Beobachtungen während der Vegetation ist noch eine zu verzeichnen. Auf der Bodenoberfläche in Töpfen der III. Serie, namentlich bei den Wickentöpfen, entwickelte sich eine üppige Algenvegetation, welche bei den benachbarten Töpfen ausblieb, wahrscheinlich wegen der öfteren Bearbeitung, die der Boden derselben erfuhr. Welche

Konsequenzen in Bezug auf die Stickstoffbilanz diese Algenwucherungen hervorgerufen haben dürften, muß uns leider verschlossen bleiben, weil der bei den Stickstoffbestimmungen im Boden der Gefäße nach der Ernte mögliche analytische Fehler zu groß gewesen ist, und es sich hier doch für gewöhnlich um recht winzige Quantitäten handelt.[1])

III. Ernte und chemische Untersuchung.

Die einzelnen Ernten erfolgten:

1. am 12—16. Juni 1896.
2. „ 25. Juni bis 5. Juli.
3. am 11.—16. Juli.
4. „ 25.—28. „
5. „ 1.—4. August.

Bei Vornahme der ersten Untersuchung wurde die III. Serie übergangen, da die Pflanzen zu kümmerlich aussahen, und zu befürchten war, daß befriedigendes Material für die folgenden Untersuchungen, die wichtiger zu sein schienen, nicht reichen würde. Jede einzelne Untersuchung erfolgte deshalb nicht an einem und demselben Tage, weil, trotz der gleichmäßigsten Behandlung, sich doch infolge der verschiedenen Düngung und namentlich der Sterilisation bei der III. Serie Unterschiede in der Entwickelungsenergie der einzelnen Pflanzengruppen zeigten; meistens genügten jedoch 4 Tage zum Ausgleich. In einem Falle nur, nämlich bei der 2. Untersuchung, dauerte dies länger, sehr ungünstiger atmosphärischer Einflüsse wegen. Ein Theil der Pflanzen war schon geerntet, als plötzlich Kälte eintrat und die Entwickelung der übrigen etwas hintanhielt. — Doch dürften diese Verhältnisse keinen besonderen Einfluß auf das Resultat ausgeübt haben.

Die einer jeden chemischen Untersuchung vorauslaufenden Operationen waren folgende.

Die sorgfältig von dem zum Binden verwendeten Bast befreiten Pflanzen wurden unmittelbar an der Erdoberfläche mit einer Scheere abgeschnitten. Die während der Wachsthumsperiode abgefallenen Blätter wurden, soweit sie nicht zu sehr zersetzt und noch leicht vom anhaftenden Boden zu trennen waren, sorgfältig gesammelt und der Ernte beigefügt. Von nun ab wurde beim weiteren Zerkleinern der oberirdischen Pflanzenmasse das Zerschneiden unterlassen, da am Instrument event. zu viel stoffreicher Saft haften geblieben wäre, und wurde dieser unerwünschte Fehler dadurch umgangen, daß die Pflanzen mit den Fingern in kleine Stücke zerrissen wurden; dies beschleunigte den Austritt des überschüssigen Wassers beim Trocknen. Zu letzterem Zweck wurden außerdem höhere Temperaturen angewandt, wobei jedoch die Grenze nicht überschritten wurde, hinter welcher wahrscheinlicherweise Stickstoffverluste eintreten konnten. Die lufttrocken gemachte Substanz wurde dann gewogen, mit der Scheere ganz klein geschnitten, gemahlen und zu den betreffenden Bestimmungen verwendet. Das absolute Trockengewicht wurde nicht weiter bestimmt, weil es sich hier ja nicht auch um Ermittelung des Pflanzensubstanzzuwachses handelte, sondern nur um Stickstoffbestimmungen, die in lufttrockenem Materiale ausgeführt, dann auf ebenfalls lufttrockne Masse bezogen wurden. Unterschiede in dem jeweiligen Feuchtigkeitsgrad der Luft konnten zur Zeit des Hochsommers nicht von Belang sein.

[1]) vrgl. P. Wagners Arb., in „Landw. Vers.-Stat.", 1897, Bd. XLVIII.

Die Trennung der Wurzelmasse von dem Boden war allerdings nicht leicht, wie überhaupt auch von anderen Autoren oft darüber geklagt wird, daß dies schwerlich mit größerer Genauigkeit geschehen könne, sodaß Verluste von Wurzelmasse vermieden würden, und man das Wurzelmaterial rein und frei von anhaftenden Bodenpartikelchen erhielte. — In der That ist die totale Trennung hier ein Ding der Unmöglichkeit. Wenn wir nämlich in Betracht ziehen, daß das Wurzelwachsthum einen fortwährenden Regenerationsvorgang s. z. s. darstellt, bei welchem ein Theil der Wurzelfasern, nachdem er seine Bodenumgebung ausgebeutet, absterbt und in eine von der umgebenden Erde nicht zu unterscheidende Masse zerfällt, während in andere Regionen wieder neue Wurzeln entsendet werden: dann wird leicht verständlich, daß die bei der von uns angewendeten Siebmethode beispielsweise erhaltene Wurzelmenge nur einen wahrscheinlich nicht bedeutenden Theil der während des ganzen Lebens der betreffenden Pflanzen gebildeten Wurzeln darstellt. Wir gehen noch weiter und bemerken, daß ja die Pflanze, nachdem sie den Höhepunkt ihrer Entwickelung überschritten hat, weit weniger Wurzeln bildet; die Menge der lebenden Wurzeln erleidet von da ab eine fortschreitende Reduktion, bis zur Zeit der Fruchtreife ihr Leben ganz aufhört. Es zerfallen ganze Wurzelpartien also schon lange vor der Reife der Pflanze, und wir dürfen auch aus diesem Grunde der Zahl, die das Gewicht der Wurzelmasse nach der Ernte (die doch meistentheils zur Zeit der Reife vorgenommen wird) repräsentirt, keinen allzu großen Werth beilegen. — Die eben wiedergegebene Erwägung findet eine zahlenmäßige Begründung in den fettgedruckten Daten der Rubrik „x" der Tabelle A: der Stickstoffgehalt der Wurzelmasse (hier dem Gewichte ziemlich proportional) ist bei der vierten Untersuchung (nach dem Abblühen) geringer, als bei der dritten (volle Blüthe), und fällt dann bei der fünften (Reife) noch mehr.

Es liegt mir jedoch fern, obigen Erörterungen einen übermäßigen Werth für die Praxis der Versuche beilegen zu wollen; im Gegentheil: die Trennung der Wurzeln vom Boden *muß* unter allen Umständen, so gut es eben geht, durchgeführt werden, wie mich die eigene Erfahrung lehrte; und daher sind wir gezwungen, uns für eine der vorhandenen üblichen Methoden, von denen leider keine fehlerfrei ist, zu entschließen.

Gegen die Methode des Abschlämmens der Erde, die unter sonst gleichen Umständen ziemlich rasch zum Ziele führt — und Letzteres ist für alle Fälle ein nicht gering zu schätzender Vortheil — wird nur Eines eingewendet, daß nämlich dabei event. eine Auslaugung von Stoffen aus den Wurzeln stattfinden kann. Dieser Einwand verliert jedoch an Gewicht angesichts der vielleicht bedeutenderen Schwächen der übrigen Methoden, und die Abschlämmmethode scheint neuerdings wieder Anhänger zu gewinnen.[1]) Wenn das Schlämmen vorsichtig und langsam geschieht, der Wasserstrom nicht stark ist, oder am besten ganz vermieden wird, indem — wie es Aeby gethan — der Gesammtinhalt eines Vegetationsgefäßes auf ein 3-mm-Sieb gebracht wird, welches in einer mit Wasser angefüllten Schale steht, so werden auch die feineren Wurzelenden nicht gebrochen. — Natürlich wird bei Untersuchung des Bodens selbst die Zahl der auszuführenden Analysen wachsen, weil sowohl der Bodenauszug, wie die übrigbleibende Erde untersucht werden müssen. In den allermeisten Fällen wird man dies

[1]) s. J. H. Aeby, in „Landw. Versuchsstationen", 1896, Bd. XLVI. Aeby benützt trichterförmige Veget.gefäße (v. 25 cm oberem Durchm., 20 cm Höhe), um das spätere Auswaschen der Erde zu erleichtern.

jedoch umgehen können, indem das Schlämmwasser über dem Boden einfach abgedampft wird. — Falls Salpeterstickstoff im Boden bestimmt werden soll, so wird gleich der Boden vom Schlämmwasser getrennt und in letzterem die Bestimmung ausgeführt.[1])

Nach einer anderen Methode werden in den Gefäßen von oben nach unten und in die Quere Drähte ausgespannt; auf diese Weise wird ein Drahtgerüst hergestellt, an welchem später die Wurzeln hängen bleiben, wenn der Boden durch einen Wasserstrom entfernt wird: doch dürften hier viele Wurzeln oder Wurzelenden vom Wasser mitgerissen werden.

Eine noch andere Methode ist die (weitaus gebräuchlichste), bei welcher der Boden trocken abgesiebt wird, und die Wurzelreste auf der Siebfläche gesammelt werden. Dieselbe wurde auch bei vorliegendem Versuch in Anwendung gebracht, und die diesbezüglichen Operationen wurden wie folgt ausgeführt:

Der Gefäßinhalt wurde auf einen Bogen Papier[2]) gebracht. — Sobald der Boden äußerlich einigermaßen abgetrocknet, also nicht mehr klebrig war, wurde er zwischen den Händen ganz leicht zerrieben: dies geschah, um der Bröckelbildung vorzubeugen, bei welcher kleine, hartgewordene Erdstückchen, Wurzelenden einschließend, hätten mit ausgesiebt werden können. Größere Bröckel, die auf dem Siebe geblieben wären, hätte man freilich noch zerstoßen können, jedoch nicht ohne Wurzelverluste. Außerdem gewann man beim Zerreiben zwischen den Händen noch den Vortheil, daß die Wurzeln fast vollständig vom Boden entblößt wurden, bei der Operation aber nicht brachen, da der Boden und sie selbst noch halb feucht waren. — Den so behandelten Boden ließ man nun lufttrocken werden. Er wurde dann auf ein 2-mm-Sieb gebracht; das Allermeiste ging durch, und man erhielt die Wurzelmasse auf der Siebfläche zurück. Da etliche Erdpartikelchen mit zurückblieben, und ich sie nicht durchdrücken wollte, da hierbei viele trockene Wurzeln kleingebrochen und durchgesiebt werden konnten, so blieb nichts übrig, als die Wurzelfasern von der Siebfläche mit Hilfe einer Pincette einzeln aufzusammeln, besonders da verschiedene am Drahtnetz haften blieben.

Diese Methode ist außerordentlich zeitraubend und auch wohl keineswegs genauer, wie die Schlämmmethode. Bei letzterer werden die Wurzeln viel gründlicher vom anhaftenden Boden befreit, außerdem sind beim Sieben die Verluste an Wurzelmasse viel bedeutender: ein nicht geringer Theil wird samt dem Boden durchgesiebt. — Man könnte sich freilich zur Beruhigung sagen, dieser Verlust werde durch das an den Wurzeln haftende Bodenquantum kompensirt: jedoch ist eine solche Annahme bei einer genauen analytischen Arbeit nicht am Platze. – Obwohl es dann weiter von Interesse gewesen wäre, zu erfahren, welcher Theil der Stickstoffbilanz auf die Wurzelmasse entfalle, so war diese Angabe bei der Beantwortung meiner Hauptfrage ohne Bedeutung, da hier nur die Summe von Stickstoff in Boden, Wurzeln und Kraut verlangt wurde. Infolgedessen konnte man wohl annehmen, daß wir den Stickstoff der Wurzelreste, die samt dem Boden durchgesiebt wurden, bei der Bodenanalyse wiederfinden würden und somit unseren Endergebnissen die nöthige Genauigkeit nicht abgehen wird: theoretisch ist dies ganz richtig, praktisch jedoch kaum durchführbar, da wir es hier mit Quantitäten

[1]) s. Aeby, l. c.

[2]) Das hellgelbe, glänzende, steife Kartonpapier, wie es zu Postkreuzbändern gebraucht wird, ist hier ganz besonders geeignet, weil äußerst wenig hygroskopisch.

zu thun haben, die an die analytischen Fehlergrenzen streifen. — Wenn wir nämlich annehmen, daß die Wurzelmasse bei unseren Erbsen oder Wicken $^1/_5$ des Stickstoffquantums der oberirdischen Pflanzenmasse enthält — dies ist ja schon sehr hoch gegriffen (vrgl. die Tabellen A und B) — und davon der 10. Theil beim Sieben mit in den Boden gelangt, so macht dies in den günstigsten Fällen, bei normaler Wurzelentwickelung, guter Düngung und 5 Pflanzen pro Topf, kaum 0,5 g Substanz aus, einem Stickstoffquantum von höchstens ca 0,01 g entsprechend.

Angenommen, wir hätten das halbe Gramm Substanz möglichst genau in unserem verhältnißmäßig noch geringem Bodenquantum (6,6 kg) vertheilt und verwendeten, wie das in dem vorliegenden Fall geschah, zur Stickstoffbestimmung 10 g Boden, so beträgt der hierauf entfallende Wurzelstickstofftheil: 0,015 mg, eine analytisch unermittelbare, wenigstens bei den üblichen 2—4 Kontrolanalysen nicht mit aller Schärfe präzisirbare Menge. Falls wir zur Untersuchung des Bodens auf Gesammtstickstoff mehr als 10 g, beispielsweise 50 g [1]), verwenden, so erhalten wir 0,075 mg, eine Größe, die genau zu bestimmen, noch immer gewisse Schwierigkeiten bereiten wird. — Auf alle Fälle müssen wir hier mit Fehlerquellen rechnen, die z. B. auch Liebscher bei seinen wohl denkbar genauesten Bestimmungen nicht umgehen konnte[2]), und welche noch verhängnißvoller werden, wenn man bedenkt, wie sehr der Fehler beim Umrechnen auf die ganze Bodenmenge wächst. Hellriegel rechnete zwar noch mit $^1/_{100}$ und $^1/_{1000}$ mg, hielt aber $^1/_{10}$ mg, schon für ziemlich anfechtbar.[3])

Was die Bodenuntersuchung selbst anlangt, so nahm ich, nach der Vorschrift von J. König[4]) verfahrend, zur Gesammtstickstoffbestimmung, wie erwähnt, immer nur 10 g. Wo nun aber das Analysenergebniß auf ein größeres Bodenquantum bezogen werden soll, scheint mir räthlich, sich an die äußerste Grenze zu halten, also weniger als die von Pfeiffer und Franke angegebenen 50 g zur Einzelstickstoffbestimmung nicht zu verwenden, eher sogar 100 g (Hellriegel). Nach der Ernte auftretende Unterschiede im Stickstoffgehalte des Bodens in den einzelnen Gefäßen, die nicht lediglich auf von der Vegetation unabhängige sich im Boden abspielende Prozesse zurückzuführen sind, sind meistentheils einfach Folgen der Schwächen, die in der angewandten Methode liegen. — Um diese nach Möglichkeit übersehen, und, soweit es geht, ihre Quellen und Grenzen bestimmen zu können, wäre geboten, die Wurzelmasse unter allen Umständen vollkommen vom Boden zu trennen und für sich zu analysiren. Dann erst würde man sicher vorgehen und nur den unvermeidlichen analytischen Fehler einfach, ohne Multiplikation mit einem Faktor mit in den Kauf nehmen, da bei Versuchen, wie der vorliegende, meistens die ganze Wurzelmenge in einen Verbrennungskolben hineingebracht werden kann. — Auch ist die Bodenmenge, bezw. die Gefäßgröße, aus denselben

---

[1]) s. Th. Pfeiffer und E. Franke, in „Landw. Versuchsstat." 1897, Bd. XLVIII, S. 457: „Zur Stickstoffbestimmung .... dienten je 50 g Erde. Die Verwendung noch größerer Mengen, die wir zur weiteren Unschädlichmachung der unvermeidlichen Fehlerquellen versuchten, stieß auf übermäßig große Schwierigkeiten." — Uebrigens verwendet doch Hellriegel 100 g zu jeder Einzelbestimmung, s. Hellriegel, „Beiträge zur Stickstofffrage", Berlin, 1897, S. 27.

[2]) s. Liebscher, in „Journal f. Landw." 1893, Bd. XLI, S. 139.

[3]) s. Hellriegel, l. c., S. 38.

[4]) s. König, „Unters. landw. u. gew. wicht. Stoffe". Berlin 1891.

Tabelle A. — (Erbsen.) —

Serien-Nr. (röm. Ziffer) und Gefäß-Nr. (arab. 3.)	Gegeben N in g: Boden „ur“	Samen	Düngung	Summa	Gefunden N in g: Boden „af“	Pflanzenmasse oberird. „st“	Pflanzenmasse unterird. „x“	Summa „ov“	+ oder − N in g: (assimilirter N.) „nh“	Durchschnitt: „zp“	Untersuchungs-Nummer (=Stadium) und Untersuchungs-Datum:
8 } I	9.2405	0.0283	—	9.2688	9.1863	0.0960	0.0042	9.2870	+ 0.0182	**+ 0.0935**	
12 } I	„	„	—	„	9.3391	0.0904	0.0082	9.4377	+ 0.1689		
50 } II	„	„	0.1884	9.4572	9.2943	**0.0910**	0.0125	9.3988	0.0584	**— 0.0243**	**I**, 12—16. VI. 1896.
47 } II	„	„	„	„	9.3480	**0.1072**	0.0107	9.4669	+ 0.0097		(zw. d. 8—10 Blatt).
11 } I	9.2405	0.0283	—	9.2688	9.0794	0.2572	0.0495 v.E.	9.3861	+ 0.1173	**+ 0.1537**	
7 } I	„	„	—	„	9.1868	0.2471	0.0250	9.4589	+ 0.1901		
37 } II	„	„	0.1884	9.4572	9.4554	**0.3247**	0.0329	9.8140	+ 0.3568	**+ 0.2471**	**II**, 30. VI.—5—5. VII.
39 } II	„	„	„	„	9.2405	**0.3281**	0.0251	9.5947	+ 0.1375		
83 } III	„	„	„	„	9.2405	0.2443	0.0326	9.5184	+ 0.0612	— 0.0493	
80 } III	„	„	„	„	9.0256	0.2407	0.0301	9.2974	— 0.1598		(Beginn der Blüthe).
18 } I	9.2405	0.0283	—	9.2688	9.1331	0.3322	**0.0181**	9.4834	+ 0.2146	**+ 0.2913**	
1 } I	„	„	—	„	9.3480	0.2632	**0.0257**	9.6369	+ 0.3681		
54 } II	„	„	0.1884	9.4572	9.2943	**0.3851**	**0.0378**	9.7182	+ 0.2610	**+ 0.1789**	**III**, 12—15—16. VII.
43 } II	„	„	„	„	9.1331	**0.3762**	**0.0437**	9.5540	+ 0.0968		
77 } III	„	„	„	„	9.1868	0.3501	0.0274	9.5653	+ 0.1081	+ 0.0653	
89 } III	„	„	„	„	9.1331	0.3100	0.0357	9.4798	+ 0.0226		(volle Blüthe).
4 } I	9.2405	0.0283	—	9.2688	9.3480	0.2553	**0.0131**	9.6164	+ 0.3476	**+ 0.4793**	
14 } I	„	„	—	„	9.2943	0.5702	**0.0153**	9.8798	+ 0.6110		
48 } II	„	„	0.1884	9.4572	9.3480	**0.3659**	**0.0202**	9.7351	+ 0.2779	**+ 0.2799**	**IV**, 25—28. VII.
53 } II	„	„	„	„	9.3480	**0.3692**	**0.0210**	9.7392	+ 0.2820		
87 } III	„	„	„	„	9.2405	0.4550	0.0339	9.7304	+ 0.2732	+ 0.3042	
84 } III	„	„	„	„	9.2405	0.5175	0.0335	9.7925	+ 0.3353		(nach dem Abblühen).
2 } I	9.2405	0.0283	—	9.2688	9.2405	0.3432	**0.0082**	9.5919	+ 0.3231	**+ 0.3157**	
17 } I	„	„	—	„	9.2943	0.2704	**0.0125**	9.5772	+ 0.3084		
42 } II	„	„	0.1884	9.4572	9.2405	**0.3753**	**0.0143**	9.6311	+ 0.1739	**+ 0.2085**	**V**, 1—4—4. VIII.
52 } II	„	„	„	„	9.2943	**0.3963**	**0.0087**	9.7003	+ 0.2431		
88 } III	„	„	„	„	9.4554	0.3250	0.0191	9.8005	+ 0.3433	+ 0.5307	
73 } III	„	„	„	„	9.4017	0.7238	0.0488	10.1753	+ 0.7181		(in der Reife).

Serien-Nr. (röm. Ziffer) und Gefäß-Nr. (arab. Z.)		Gegeben N in g: Boden „ur“	Samen	Düngung	Summa	Gefunden N in g: Boden „af“	Pflanzenmasse oberird. „st“	unterird. „x“	Summa „ov“	+ oder — N in g: „nh“	Durchschnitt: „zp“	Untersuchungs-Nummer (=Stadium) und Untersuchungs-Datum:
23	I	9.2405	0.0162	—	9.2567	9.2405	0.0443	0.0179 v.E.	9.3029	+ 0.0462	— 0.0071	
36	I	„	„	—	„	9.1331	0.0413	0.0218 v.E.	9.1962	— 0.0605		**I**, 12—16. VI. 1896.
67	II	„	„	0.1884	9.4451	9.3480	0.0449	0.0051	9.3990	— 0.0461	— 0.0990	
65	II	„	„	„	„	9.2405	0.0398	0.0119	9.2932	— 0.1519		(zw. d. 7—9 Blatt).
22	I	9.2405	0.0162	—	9.2567	9.4017	0.1471	0.0257 v.E.	9.5745	+ 0.3178	+ 0.1746	
30	I	„	„	—	„	9.1331	0.1249	0.0302 v.E.	9.2882	+ 0.0315		
70	II	„	„	0.1884	9.4451	9.4017	0.1130	0.0218	9.5375	+ 0.0924	+ 0.0829	**II**, 25.—29—29. VI.
66	II	„	„	„	„	9.3480	0.1421	0.0275	9.5186	+ 0.0735		
98	III	„	„	„	„	8.9719	0.1260	0.0059	9.1048	— 0.3403	— 0.2038	
106	III	„	„	„	„	9.2405	0.1085	0.0278 v.E.	9.3778	— 0.0673		(Beginn der Blüthe).
32	I	9.2405	0.0162	—	9.2567	9.2943	0.1818	0.0098	9.4899	+ 0.2292	+ 0.2339	
31	I	„	„	—	„	9.2405	0.2384	0.0164	9.4953	+ 0.2386		
63	II	„	„	0.1884	9.4451	9.4554	0.2574	0.0299	9.7437	+ 0.2986	+ 0.1363	**III**, 11—14—15. VII.
71	II	„	„	„	„	9.2405	0.1579	0.0197	9.4191	— 0.0260		
105	III	„	„	„	„	9.2943	0.1042	0.0122	9.4117	— 0.0334	— 0.2298	
100	III	„	„	„	„	8.9182	0.0915	0.0082	9.0189	— 0.4262		(volle Blüthe).
35	I	9.2405	0.0162	—	9.2567	9.2405	0.1485	0.0056	9.3946	+ 0.1379	+ 0.0254	
29	I	„	„	—	„	8.9719	0.1915	0.0062	9.1696	— 0.0871		
55	II	„	„	0.1884	9.4451	9.3480	0.1645	0.0122	9.5257	+ 0.0806	+ 0.1725	**IV**, 25—28—28. VII.
57	II	„	„	„	„	9.4554	0.2370	0.0161	9.7095	+ 0.2644		
95	III	„	„	„	„	9.2943	0.0718	0.0118	9.3789	— 0.0662		
91	III	„	„	„	„	9.1868	0.1047	0.0094	9.3019	— 0.1432	— 0.1047	(nach d. Abblühen).
21	I	9.2405	0.0162	—	9.2567	9.4017	0.1739	0.0104	9.5860	+ 0.3293	+ 0.3525	
25	I	„	„	—	„	9.4017	0.2251	0.0057	9.6325	+ 0.3758		
61	II	„	„	0.1884	9.4451	9.2405	0.4261	0.0140	9.6836	+ 0.2385	+ 0.2615	**V**, 1—4—4. VIII.
60	II	„	„	„	„	9.4554	0.2588	0.0145	9.7297	+ 0.2846		
97	III	„	„	„	„	9.3480	0.0402	0.0079	9.3971	— 0.0480		
107	III	„	„	„	„	9.5629	0.0790	0.0041	9.6470	+ 0.2019	+ 0.0769	(in der Reife).

Bemerkungen zu Tab. A und B: 1. Die Zahlenwerthe für Stickstoff im Samen beziehen sich auf den N-Gehalt von je 5 Samen + Wurzelrückstand der 5 nach Abschluß der Keimungsperiode entfernten Pflanzen; bei Erbsen = 21 + 7,3 mg, bei Wicken = 10,7 + 5,5 mg N. 2. In der Rubrik „ov“ beider Tabellen ist bei der II. und III. Serie (beide mit Chilef. ged.) immer 1 mg hinzugefügt, das nach dem Entleeren der Gef. an d. Gef.wänden und im Kies haften blieb und, in Wasser aufgenommen, quantitativ bestimmt wurde (immer 10 Gefäße auf einmal, der größeren Genauigkeit halber). 3. „v. E.“ heißt „viel Erde“ und bezieht sich auf diejenigen Fälle, wo mehr Erde an d. Wurzelfasern haften geblieben war. — 4. Die Zahlenwerthe für N in d. oberird. Masse sind (in d. Rubr. „st“) Mittel aus 2 Analysen; bei der unterird. M. (in d. R. „x“) — konnte immer nur 1 Analyse ausgeführt werden, mangels genügenden Materials. 5. D. Zahlenw. für N im Boden nach der Ernte (i. d. R. „af“) sind Mittel aus mindestens 2 Analysen; oft wurden 3 und 4 ausgeführt, wenn irgendwelche Zweifel vorhanden waren. 6. Um den urspr. N-Geh. d. Bodens (+ d. R. „ur“) zu ermitteln, wurden 11 Bestimmungen gemacht, und das Mittel als Normal-N-Geh. angenommen; der wahrscheinliche Fehler dieses Mittels (d. durchschnittlichen N-Geh.'s im urspr. Boden also) beträgt in % der Bodentrockensubstanz, nach d. Methode d. kleinsten Quadrate berechnet, — 0.000138 % N.

Tabelle C.

Analytische Belege zu den Stickstoffbestimmungen und sonstige Daten.

Gefäß-Nummer	Länge bis zur äußersten Spitze des letztentw. Blattes (Durchschn. aus 5 längsten Haupt od. Nebentrieben)	Zahl der voll entw. Blätter an 1 Pfl (Durchschn. aus 5 optimen an Haupt- od. Nebentrieben d. 5 Pflanz.	Zahl der Blüthen	Zahl der Schoten	Zahl der Körner	Gewicht in g der grünen Masse	Gewicht in g der Lufttrockensubst. der oberird. Masse (bei der V. Unterfuch. nur Stroh)	Gewicht in g der Körner	Gewicht in g der Wurzelmasse nebst Titer	N-Analyse I: Angewandte Substanzmenge d. oberirdisch. Masse in g, nebst Titer (bei der V. Unterfuch. nur Stroh)	N-Analyse I: Gefunden N g	N-Analyse I: Gefunden N %	N-Analyse II: Angewandte Substanzmenge d. oberirdisch. Masse in g, nebst Titer (bei der V. Unterfuch. nur Stroh)	N-Analyse II: Gefunden N g	N-Analyse II: Gefunden N %	Titer der Bodenanalysen	Gefäß-Nummer
	cm					„st“											
									Erbsen.								
8	37.3	9	—		—	19.94	3.4442	—	0.41, b. 2.6	1.3267, b. 22.2	0.0364746	2.76	1.4129, b. 24.2	0.0397606	2.82	a, 8.6, 8.5	8
12	32.5	9	—	—	—	20.51	3.3359	—	0.73, b. 5.0	1.2719, b. 20.9	0.0343387	2.69	1.7184, b. 28.6	0.0469898	2.73	a. 8.6, 8.6	12
50	36.4	10	—	—	—	17.81	3.1920	—	0.53, b. 7.7	1.1329, b. 20.0	0.03286	2.90	1.0372, b. 17.7	0.0290811	2.80	a. 8.6, 8.7	50
47	37.1	10	—		—	21.76	3.9420	—	0.49, b. 6.5	1.5099, b. 24.9	0.0409107	2.71	1.2314, b. 20.4	0.0335172	2.73	a. 8.7, 8.7	47
11	86.8	18	1	—	—	58.17	9.4195	—	7.01 v.E., a. 26.8	1.3630, b. 21.7	0.0356531	2.71	1.1030, b. 18.5	0.0303955	2.75	a. 8.4, 8.5	11
7	84.3	17—18	—	—	—	61.83	10.1276	—	2.13, b. 15.3	1.0110, b. 15.1	0.0248093	2.45	1.0370, b. 15.4	0.0253022	2.44	a. 8.5, 8.6	7
37	81.1	17—18	1	—	—	71.56	12.6821	—	2.07, b. 20.0	1.2180, b. 19.0	0.031217	2.56	1.3455, b. 21.0	0.034503	2.56	a. 8.8, 8.8	37
39	88.6	17—18	—	—	—	67.29	11.2367	—	1.46, a. 15.4	0.8960, b. 15.6	0.0256308	2.86	0.8270, b. 15.0	0.024645	2 98	a. 8.6, 8.6	39
83	76.6	16—17	1		—	42.63	7.9574	—	1.95, a. 20.0	1.0655, b. 19.5	0.0322028	3.00	1.0030, b. 19.2	0.0315456	3.14	a. 8.6, 8.6	83
80	67.7	14—15	1	—	—	41.20	8.1887	—	2.19, a. 18.5	1.0095, b. 17.9	0.0294097	2.91	1.0870, b. 19.7	0.0323671	2.97	a. 8.4, 8.4	80
18	106.0	21—22	31	19	—	70,02	12.9245	—	1.67, b. 11.0	1.2005, b. 19.3	0.0313099	2.60	1.2150, b. 19.5	0.0310385	2.55	a. 8.5, 8.5	18
1	94.7	20	26	17	—	53.42	10.4875	—	1.24, a. 15.8	1.0190, b. 15.6	0.0256308	2.51	1.2073, b. 17.2	0.0281496	2.51	a. 8.7, 8.7	1
54	112.7	21	27	13	—	91,85	18.2500	—	2.17, b. 23.0	1.3315, b. 17.1	0.0280953	2.11	1.3420, b. 17.4	0.0285882	2.12	a. 8.6, 8.7	54
43	107.1	20—21	26	13	—	93.90	18.1763	—	2.73, b. 26.6	1.1420, b. 14.2	0.0233306	2.04	1.1540, b. 14.75	0.02423425	2.10	a. 8.5, 8.5	43
77	68.1	17—18	20	16	—	56.11	12.1552	—	1.23, b. 16.7	1.3280, b. 22.8	0.0374604	2.82	1.2370, b. 22.2	0.0364746	2.94	a. 8.6, 8.5	77
89	75.3	18—19	15	8	—	50,85	11.0700	—	2.01, b. 21.8	1.4985, b. 25.6	0.0420608	2.80	1.2015, b. 20.5	0.0336815	2.80	a. 8.5, 8.5	89
4	95.6	19—20	—	12	43	44.72	12.5158	—	1.55, b. 8.0	1.0725, b. 13.3	0.0218519	2.03	1.0735, b. 13.4	0.0220162	2.05	a. 8.6, 8.8, 8.7	4

Gefäß-Nummer	Länge bis zur äußersten Spitze des letztentw. Blattes (Durchschn. aus 5 längsten Haupt- od. Nebentrieben)	Zahl: der voll entw. Blätter an 1 Pfl. (Durchschn. aus 5 optimen an Haupt- od. Nebentrieben d. 5 Pflanz.	Zahl: der Blüthen	Zahl: der Schoten	Zahl: der Körner	Gewicht in g: der grünen Masse	Gewicht in g: der Luftrockensubst. der oberird. Masse (bei der V. Untersuch. nur Stroh)	Gewicht in g: der Körner	Gewicht in g: der Wurzelmasse nebst Titer	N-Analyse I: Angewandte Substanzmenge d. oberirdisch. Masse in g, nebst Titer (bei der V. Untersuch. nur Stroh)	N-Analyse I: Gefunden N g	N-Analyse I: Gefunden N %	N-Analyse II: Angewandte Substanzmenge d. oberirdisch. Masse in g, nebst Titer (bei der V. Untersuch. nur Stroh)	N-Analyse II: Gefunden N g	N-Analyse II: Gefunden N %	Titer der Bodenanalysen	Gefäß-Nummer
	cm						„st"									
14	96.2	21—22	—	15	65	—	17.0585	—	1.90, a. 9.4	1.4590, b. 19.3	0.0317099	2.17	1.4070, b. 18.7	9.0307241	2.18	a. 8.6, 8.7	14
48	106 9	22—23	—	18	65	75.59	18.6703	—	1.70, b. 12.3	1.1400, b. 13.6	0.0223448	1.96	0.9305, b. 11.2	0.0184016	1.97	a. 8.6, 8.8, 8.7, 8.7	48
53	105.1	23	—	14	62	73.78	15.8450	—	1.98, b. 12.8	1.2960, b. 17.35	0.02932755	2.26	1.0060, b. 14.7	0.0241521	2.40	a. 8.7, 8.7	53
87	83.8	21—22	1	25	69	78.52	19.6975	—	2.87, a. 20.8	1.3135, b. 18.4	0.0302312	2.30	1.2205, b. 17.3	0.0284239	2.30	a. 8.6, 8.6	87
84	84.5	21—22	—	31	102	92.72	23.1020	—	4.14, a. 20.6	1.3285, b. 18.3	0.0300669	2.26	1.1255, b. 15.3	0.0251379	2.23	a. 8.6, 8.6	84
2	—	—	—	12	46	34.27	13.5080	2.6232	0.88, b. 5.0	1.4590, b. 16.8	0.0276024	1.89	1.2950, b. 15.0	0.024645	1.90	a. 8.6, 8.6	2
17	—	—	—	15	42	25.50	10.5044	1.2491	1.39, a. 7.7	1.0005, b. 12.9	0.0211947	2.11	0.8540, b. 11.0	0.018073	2.11	a. 8.6, 8.7	17
42	—	—	—	17	64	—	16.5248	2.3359	1.64, a. 8.8	1.1315, b. 12.5	0.0205375	1.81	1.2065, b. 13.5	0.0221805	1.83	a. 8.6, 8.6	42
52	—	—	—	16	55	—	16.5502	2.6322	0.93, b. 5.3	1.1120, b. 12.6	0.0207018	1.86	0.7380, b. 8.4	0.0138012	1.87	a. 8.6, 8.7	52
88	—	—	—	12	45	—	11.1200	3.0385	2.42, b. 11.6	1.1935, b. 14.6	0.0239878	2.00	0.9635, b. 12.0	0.019716	2.03	a. 8.8, 8.8	88
73	—	—	—	34	112	—	27.8666	7.7387	4.42, b. 29.7	1.3435, b. 13.2	0.0216876	1.61	1.0165, b. 10.1	0.0165943	1.63	a. 8.8, 8.7	73

N-Analyse der Körner (V. Untersuchung).

Nr.	I: Angew. Subst.-menge in g	I: Gefunden N in g	I: % N	II: Angew. Subst.-menge in g	II: Gefunden N in g	II: % N	Nr
2	1.2870, b. 26.2	0.0430466	3.34	1.2615, b. 25.9	0.0425537	3.37	2
17	1.2491, b. 29.7	0.0487971	3.80	—	—	—	17
42	1.0245, b. 19.7	0.0323671	3.15	1.1595, b. 22.3	0.0366389	3.24	42
52	1.2185, b. 25.2	0 0414036	3.40	1.3995, b 29.0	0.047647	3.40	52
88	1.2471, b. 25.5	0.0418965	3.35	1.4002, b. 28.9	0.0474827	3.39	88
73	1.4975, b. 32.3	0.0530689	3.54	1.4125, b. 30.2	0.0496186	3.51	73

Gefäß-Nummer	Länge bis zur äußersten Spitze des letztentw. Blattes (Durchschn. aus 5 längsten Haupt- od. Nebentrieben)	Zahl: der voll entw. Blätter an 1 Pfl. (Durchschn. aus 5 optimen an Haupt- od. Nebentrieben d. 5 Pflanz.	Zahl: der Blüthen	Zahl: der Schoten	Zahl: der Körner	Gewicht in g: der grünen Masse	Gewicht in g: der Lufttrockensubst. der oberird. Masse (bei der V. Unterfuch. nur Stroh)	Gewicht in g: der Körner	Gewicht in g: der Wurzelmasse nebst Titer	N-Analyse I: Angewandte Substanzmenge d. oberirdisch. Masse in g, nebst Titer (bei der V. Unterfuch. nur Stroh)	N-Analyse I: Gefunden N g	N-Analyse I: Gefunden N %	N-Analyse II: Angewandte Substanzmenge d. oberirdisch. Masse in g, nebst Titer (bei der V. Unterfuch. nur Stroh)	N-Analyse II: Gefunden N g	N-Analyse II: Gefunden N %	Titer der Bodenanalysen	Gefäß-Nummer
	cm															
Wicken.																
23	14.8	7	—	—	—	7.97	1.2761	—	4.36 v.E., a. 11.0	0.6107, b. 12.8	0.0210304	3.43	0.5832, b. 12.5	0.0205375	3.51	a. 8.6, 8.6	23
36	15.1	6—7	—	—	—	7.41	1.2520	-	4.96 v.E., a. 13.4	0.5100, b. 10 2	0.0167586	3.28	0.6722, b. 13.6	0.0223448	3.32	a. 8.6, 8.4, 8.5	36
67	15.6	8	—	—	—	6 33	1.2025	—	0.51, b. 3.1	0.5000, b. 11.3	0.0185659	3.70	0.5021, b. 11.5	0.0188945	3.76	a. 8.7, 8.7	67
65	15.7	7	—	—	—	6 19	1.2360	—	1.11, a. 7.3	0.8720, b. 26.9	0.0441967	3.25	0.3605, b. 7.0	0.011501	3.19	a. 8.6, 8.6	65
22	34.2	11	2	—	—	24.11	4.5387		5.75 v.E., a. 15.7	1.2041, b. 23.6	0.0387748	3.22	1.0321, b. 20.5	0.0336815	3.26	a. 8.8, 8.7	22
30	32.1	11—12	—	—	-	18.51	3.6849	-	6.97 v.E., b. 18.4	1.0000, b. 20.7	0.034010 1	3.39	1.0205, b. 21.1	0.0346673	3.39	a. 8.5, 8.5	30
70	32.1	13—14	—	—	-	18.51	3.5748	—	1.53, a. 13.4	2.0010, b. 38.6	0.0634198	3.16	1.2010, b. 23.1	0.0379533	3.16	a. 8.8, 8.7	70
66	29.3	12—13	1	—	—	19.33	3.8624	—	3.34, a. 16.9	0 8485, b. 19.0	0.031217	3.67	1.0310, b. 23.2	0.0381176	3.69	a. 8.7, 8.7	66
98	36.2	12—13	1	—	—	19.58	4.0776	—	0.72, b. 3.5	0.8605, b. 16.0	0.026288	3.05	1.3170, b. 25.2	0.0414036	3.14	a. 8.4, 8.3	98
106	32.5	12—13		—	—	14.91	3.4431	—	2.75 v.E., b. 17.1	0.6740, b. 12.8	0.0210304	3.12	0.8620, b. 16.7	0.0274381	3.18	a. 8.6, 8.6	106
32	40.9	17	19	5	—	35.92	6.4693	—	1.11, a. 6.0	1.6752, b. 26.9	0.0441967	2.63	1.7410, b. 31.7	0.0520831	2.99	a. 8.6, 8.7	32
31	51.9	19	51	17	—	37.89	8.3053	—	1.64, b. 10.0	0.9595, b. 16.7	0.0274381	2.85	0.9250, b. 16.3	0.0267809	2.89	a. 8.6, 8.6	31
63	48.2	17—18	51	26	—	40.93	9.0000	—	2.58, b. 18.2	1.5530, b. 26.8	0.0440324	2.83	1.6160, b. 28.5	0.0468255	2.89	a. 8 8, 8.8	63
71	44.3	18—19	30	12	—	25.0	4.9508	-	1.45, a. 12.1	1.2495, b. 24.1	0.0395963	3.16	1.0870, b. 21.4	0.0351602	3.23	a. 8.6, 8.6	71
105	35.2	16—17	14	9	—	13.94	4 1842	-	1.64, a. 7.5	1.1400, b. 17.1	0.0280959	2.46	0.9270, b. 14.3	0.0234949	2.53	a. 8.6, 8.7	105
100	37.4	14—15	22	12	—	10.97	3.7983	—	1.03, b. 5 0	0,9920, b. 14.6	0.0239878	2.41	1.0395, b. 15.3	0.0251379	2.41	a. 8.3, 8.3	100
35	47.0	20—21	8	4	34	21.68	5.4600		0.82, b. 3.4	1.1065, b. 18.1	0.0297383	2.68	0.9715, b. 16.4	0.0269452	2.77	a. 8.6, 8.6	35
29	41.8	18	2	14	78	27.71	7.5392	—	0.96, b. 3.8	1.1760, b. 17.8	0.0292454	2.48	1.0415, b. 16.6	0.0272738	2.61	a. 8.4, 8.3	29

Gefäß-Nummer	Länge bis zur äußersten Spitze des letztentw. Blattes (Durchschn. aus 5 längsten Haupt- od. Nebentrieben)	Zahl: der voll entw. Blätter an 1 Pfl. (Durchschn. aus 5 optimen an Haupt- od. Nebentrieben d. 5 Pflanz.	Zahl: der Blüthen	Zahl: der Schoten	Zahl: der Körner	Gewicht in g: der grünen Masse	Gewicht in g: der Luftrockensubst. der oberird. Masse (bei der V. Untersuch. nur Stroh)	Gewicht in g: der Körner	Gewicht in g: der Wurzelmasse nebst Titer	N-Analyse I: Angewandte Substanzmenge d. oberirdisch. Masse in g, nebst Titer (bei der V. Untersuch. nur Stroh)	N-Analyse I: Gefunden N g	N-Analyse I: Gefunden N %	N-Analyse II: Angewandte Substanzmenge d. oberirdisch. Masse in g, nebst Titer (bei der V. Untersuch. nur Stroh)	N-Analyse II: Gefunden N g	N-Analyse II: Gefunden N %	Titer der Bodenanalysen	Gefäß-Nummer
	cm															
55	45.2	20—21	1	8	53	24.8	6.2094	—	1.70, b. 7.4	1.2925, b. 21.1	0.0346673	2.68	2.0935, b. 33.6	0.0552048	2.63	a. 8.7, 8.7	55
57	40.2	21—22	3	27	151	35.62	8.0615	—	1.46, b. 9.8	1.1410, b. 20.6	0.0338458	2.96	1.2140, b. 21.6	0.0354888	2.92	a. 8.8, 8.8	57
95	31.0	—	—	1	4	4.05	2.7832	—	2.21, b. 7.2	1.0100, b. 16.0	0.026288	2.60	1.2115, b. 19.0	0.031217	2.57	a. 8.6, 8.7	95
91	42.0	—	—	—	—	10.29	4.1883	—	1.44, a. 5.8	1.0395, b. 15.4	0.0253022	2.43	1.3845, b. 21.7	0.0356531	2.57	a. 8.6, 8.5	91
21	—	—	—	7	54	15.57	5.4508	1.0545	1.33, b. 6.3	1.1580, b. 16.5	0.0271095	2.34	0.9270, b. 12.9	0.0211947	2.22	a. 8.7, 8.8	21
25	—	—	—	17	109	19.68	7.4869	1.4901	0.73, a. 3.5	1.1805, b. 14.3	0.0234949	1.99	1.1240, b. 13.9	0.0228377	2.03	a. 8.8, 8.7	25
61	—	—	—	35	204	—	13.3046	4.0631	2.19, a. 8.6	1.1295, b. 11.8	0.0193874	1.71	1.0670, b. 11.1	0.0182373	1.70	a. 8.6, 8.6	61
60	—	—	—	15	69	—	8.3510	1.2242	1.79, a. 8.9	0.9720, b. 13.5	0.0221805	2.28	1.1850, b. 16.8	0.0276024	2.32	a. 8.8, 8.8	60
97	—	—	—	4	15	—	2.2211	0.1914	1.65, b. 4.8	1.9770, b. 21.1	0.0346674	1.24	—	—	—	a. 8.7, 8.7	97
107	—	—	—	7	33	—	3.1567	0.3107	0.57, a. 2.5	0.7435, b. 8.6	0.0141298	1.90	0.7940, b. 9.2	0.0151156	1.90	a. 8.9, 8.9	107

N-Analyse der Körner (V. Untersuchung).

Nr.	I: Angew. Subst.-menge in g	I: Gefunden N in g	I: % N	II: Angew. Subst.-menge in g	II: Gefunden N in g	II: % N	Nr.
21	1.0545, b. 30.2	0.0496186	4.49	—	—	—	21
25	0.6271, b. 18.2	0,0299026	4.76	0.7120, b. 20.7	0,0340101	4.76	25
61	1.1023, b. 33.3	0.0547119	4.95	1.0020, b. 30.5	0.0501115	5.00	61
60	1.2242, b. 40.6	0.0667058	5.28	—	—	—	60
97	0.1914, b. 7.7	0.0126511	6.23	—	—	—	97
107	0.3107, b. 11.6	0.0190588	6.05	—	—	—	107

Bemerkungen zu Tabelle C:

Die Titerflüssigkeiten sind durch Buchstaben bezeichnet und entsprach 1 ccm der Titerflüssigkeit a = 1.628 mg, b = 1.643 mg N. Die Zahlen rechts von den Buchstaben bedeuten ccm Barytwasser.

Gründen soweit als möglich, zu reduziren; bei sonst günstigen Verhältnissen entwickeln sich die Untersuchungsindividuen vorzüglich, trotz des etwas beschränkten Raumes. Bei dem vorliegenden Versuch stießen die Wurzeln der Pflanzen schon sehr bald nach der Aussaat auf die Kiesschicht, verzweigten sich dann aber offenbar so reichlich über derselben, daß die ganze Gruppe der zweiten Serie und die Erbsen der ersten bis zur Reife ausgezeichnet gediehen, und auch in der dritten (sterilisirten) Serie mehrere Erbsen an Masse alle übrigen Pflanzen übertrafen, trotzdem hier der Raum für die Wurzelentwickelung um $^1/_7$ kleiner war.[1])

Wenn wir nun schließlich ein allgemeines Urtheil über die vorhin beschriebene Absiebmethode aussprechen wollen, so dürfte es nicht ganz befriedigend ausfallen, und die Abschlämmmethode scheint mir weit geringere Mängel aufzuweisen. Doch wäre es wünschenswerth, auf diesem Gebiete einen Fortschritt anzustreben, weil immerhin die Schwächen der bestehenden Methoden bedeutend sind und es namentlich dem Anfänger sehr schwer fallen kann, diese Fehler auf ihr Minimum zurückzuführen.

Nachdem auf diese Weise das Material: a) oberirdische Masse, b) Wurzelrückstände, c) Boden — vorbereitet worden war, wurden die Stickstoffbestimmungen vorgenommen und nach den Kjeldahl'schen Vorschriften ausgeführt[2]) (Zahlen s. S. 20—25).

IV. Mikroskopische Untersuchung.

Hand in Hand mit der chemischen Untersuchung ging die mikroskopische vor sich. Es wurden hierbei je eine Wicke und eine Erbse von jeder Serie jedesmal auf die Beschaffenheit der Wurzeln untersucht. Nach einer vorherigen sorgfältigen makroskopischen Beobachtung wurden Querschnitte von Wurzeln und Wurzelknöllchen eingehender unter dem Mikroskope studirt; bisweilen erfolgte dies auch mit den oberirdischen Theilen.

Bei der ersten Untersuchung ergab sich vor Allem, daß die Knöllchen schon voll entwickelt waren. Dabei hatte die erste Serie weit mehr Knöllchen als die zweite. Auch waren diese, d. h. die Knöllchen der zweiten Serie, weniger weit in ihrer Entwickelung vorangeschritten, was sich dadurch kundgab, daß die Bakterien in den Wurzelknöllchen der zweiten Serie hauptsächlich in den Zellkernen vorzufinden waren, während bei der ersten Serie sie erstens, wie mir schien, größer waren und schon ziemlich gleichmäßig im ganzen Zellplasma einer jeden infizirten Zelle vertheilt waren. Die Zellkerne der pilzführenden Zellen waren auffallend groß.

[1]) Hellriegel verwendete zuletzt auch kleinere Gefäße (24 cm Höhe, 12—13 cm Weite), die nur 3 kg Boden faßten. Vrgl. Hellriegel, l. c. S. 1.

[2]) Bald nach der letzten Ernte wurde ich von der Behörde nach meiner Heimath zurückberufen, ich nahm das in gut verschlossenen Flaschen aufbewahrte Material mit mir und führte die chemische Untersuchung in Warschau aus, wo mir die Herren W. Malyszczycki und T. Wilski einen Platz in ihrem chemisch-technischen Laboratorium freundlichst einräumten.

Die Form der Erbsenbakterien war etwa oval, sie waren eiförmig, während die Wickenbakterien mehr rund, kugelig schienen; außerdem waren die Wickenknöllchen selbst besser vom Wurzelstock differenzirt und bräunlich gefärbt, während die Erbsenknöllchen kaum von der Wurzelrinde hervortraten (vrgl. Fig. 2) und, was die Farbe anlangt, schwer von der Rinde unterschieden werden konnten: sie waren, wie diese, weißlich-gelb.

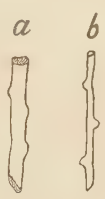

Fig. 2.
a — Erbse,
b — Wicke.

Bei der folgenden Untersuchung (Anfang der Blüthe), wurde beobachtet, daß die Bakterien bei der zweiten Serie von den Zellkernen aus sich über das Plasma einer jeden Zelle verbreitet hatten; sie waren nunmehr größer und sahen wie angeschwollen aus, gegenüber denjenigen, die bei der ersten Untersuchung gezeichnet wurden. Bei der ersten Serie waren schon etliche Bakteroiden vorhanden; die Anzahl der Knöllchen selbst war bei der zweiten Serie auch jetzt noch geringer als bei der ersten.

Bei der dritten Untersuchung (volle Blüthe) war dieser Unterschied (der Knöllchenzahl) kaum mehr zu bemerken. Die Bakteroiden waren bei Pflanzen beider Serien schön ausgebildet: bei den Wicken stäbchenförmig, bei den Erbsen oft vielfach gegliedert (vrgl. Fig. 3).

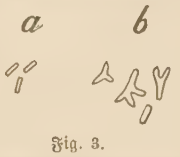

Fig. 3.
a — Wicke, b — Erbse.

Bei der darauffolgenden Untersuchung (nach dem Abblühen) war, was Anzahl der Knöllchen betrifft, ein Unterschied zu Gunsten der ersten Serie garnicht mehr zu bemerken; es waren bei der zweiten Serie eher mehr Knöllchen vorhanden (?). — Bei dieser wie bei der vorigen Untersuchung kamen monströs ausgebildete Knöllchen vor, es waren dies jedoch nur Ausnahmen im Verhältniß zur Gesammtzahl, namentlich bei Erbsen (vrgl. Fig. 4).

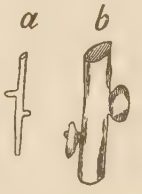

Fig. 4.
a — Wicke,
b — Erbse.

Bei der letzten Untersuchung (volle Reife) waren die meisten Knöllchen abgestorben, verschrumpft, viele sogar leer; die übrigen waren in Desorganisation begriffen: das Knöllchenmeristem war stellenweise zerrissen. — Hierbei ergab sich doch ein gewisser Unterschied zwischen der ersten und zweiten Serie: es waren nämlich bei der zweiten Serie weniger entleerte Knöllchen vorhanden, was mit einer früheren Beobachtung in Einklang stehen würde[1]), wonach der Eintritt der Entleerung der Knöllchen von den Stickstoffverbindungen im Boden abhängt: wenn diese reichlich vorhanden, sind die Knöllchen bei der Reife meistens noch nicht entleert und zeigen oft noch eine fleischrothe Färbung.

Auf Grund des Obigen kann man folgenden Satz, der auch frühere Beobachtungen bestätigt, aufstellen: Bei einer Stickstoffdüngung tritt die Symbiose später ein und zuerst schwach; hernach jedoch geht die Knöllchenentwickelung energischer vor sich, und beinahe könnte man behaupten, die Stickstoffdüngung begünstige die Knöllchenbildung.[2]) Vergleichen wir die Tabellen, so ergiebt sich weiter, daß die Assimilation beginnt, wenn die Bakterien sich über das ganze Plasma der infizirten Zellen verbreitet haben und schon zur Bakteroidenbildung neigen.

---

[1]) s. A. Prażmowski, in „Sprawozdanie z posiedzenia Wydzialu Akad. um. z. d. 22. VI. 1889r." („Sitzungsberichte d. Krakauer Akad.", Juni 1889). Deutsch: „Das Wesen und die biolog. Bed. d. Wurzelkn. d. Erbse", vom Verf. ref. in „Bot. Centralbl.", 1888, Nr. 46—48, 1889, Nr. 38.

[2]) Dies steht wieder im Gegensatze zu anderen Erfahrungen, wie sie z. B. Brümmer, Liebscher, Rozdejczer, u. A. in dieser Richtung gemacht haben, vrgl. Brümmer, in „Ber. d. Vers.-Stat. Jena", 1892. Liebscher, l. c., S. 187. Rozdejczer, „Unters. über die Stickstoffernährung der Leguminosen", Leipzig, 1895, S. 25.

In der Periode der vollen Blüthe wurden auch Blätter untersucht, wozu ich mich durch Frank's Bemerkung[1]) er habe auch eine Blattinfektion konstatirt, bewogen fühlte: es bestätigte sich hier thatsächlich diese seine Beobachtung, doch nur zum Theil, da Bakteroiden von mir in den oberirdischen Pflanzentheilen nicht festgestellt werden konnten. — Dagegen hege ich keinen Zweifel, was Bakterien anbelangt: es war die mir schon von den vorhergegangenen Untersuchungen wohlbekannte Form; außerdem färbten sie sich identisch gleich mit denen der Wurzelknöllchen (von den ausprobirten Farbstoffen am besten mit Methylenblau, ohne Erwärmung). — Freilich der einzig zuverlässige Beweis für ihre Identität mit den Wurzelknöllchenbakterien wäre eine Reinzucht und erfolgreiche Infektion von Erbsen oder Wicken in vorerst sterilisirtem Boden gewesen.[2])

Wenn wir nunmehr zu der dritten Serie übergehen, so ist zunächst zu bemerken, daß eine Infektion entschieden stattgefunden: überall, bei jeder untersuchten Pflanze, wurden Knöllchen festgestellt, nirgends jedoch viele, sondern nur hie und da vereinzelt vorkommende. Gar kein Vergleich ist indeß mit den ersten beiden Serien möglich. Oft waren sie überhaupt nur mit Mühe zu finden. — Ob dies auf eine ungenügende Sterilisation zurückgeführt werden kann, ist, glaube ich, nicht anzunehmen, da doch der betreffende Boden in der bekannten und früher immer bewährten Weise behandelt worden war. — Die Infektion muß also voraussichtlich von der Luft aus stattgefunden haben. Diese Annahme gewinnt erst recht an Wahrscheinlichkeit, wenn wir berücksichtigen, daß die Oberfläche des Bodens in den Töpfen nicht, wie es der Vorsicht halber bei ähnlichen Versuchen Hellriegel u. A. gethan, mit irgend einem für Mikroorganismen undurchdringlichen Medium, wie Watte z. B., bedeckt gewesen war. — Wir müssen annehmen, die Bakterien seien von den danebenstehenden, reichlich infizirt gewesenen Pflanzen auf die Töpfe der dritten Serie übertragen worden und wären von der Bodenoberfläche zu den Wurzeln gelangt.

Im Uebrigen war in dem Entwickelungsgange der Knöllchen, sowie der Bakterien bei der dritten Serie nichts Abnormes zu bemerken.

Die mikroskopischen Untersuchungen wurden meist unter Anwendung des Immersionssystems bei einer Vergrößerung von 1350 Mal vorgenommen.

V. Ergebnisse und Schlußfolgerungen.

Bei genauer Durchsicht der Tabellen werden wir auf mehrere Zahlenwerthe stoßen, die nicht ganz zu befriedigen scheinen. — Wenngleich diese Sachlage in keiner Weise meine Folgerungen beeinträchtigt, wie ich dies schon oben (S. 26.) ausführlicher begründete, so glaube ich doch hierfür eine Erklärung schuldig zu sein. Dies ist nun darauf zurückzuführen, daß von vornherein die Auswahl der besten Methoden der Untersuchung schwierig war, und der

[1]) s. A. B. Frank, in „Landw. Jahrb." 1890, Bd. XIX, S. 595.

[2]) Eine nach Abschluß meiner Untersuchungen erschienene Arbeit von Oskar Zinßer „Ueber das Verhalten von Bakterien, insbesondere von Knöllchenbakterien, in lebenden pflanzlichen Geweben", Berlin 1897 - bringt, auf Grund äußerst exakt durchgeführter Versuche, eine kategorische Widerlegung der Frank'schen Behauptung. Diese Frage bedarf daher noch weiterer Untersuchungen.

einmal eingeschlagene Weg nicht mehr verlassen werden durfte. — Die Methodologie von Vegetationsversuchen ist, trotz der zahlreichen Einzelversuchspublikationen, in der Literatur noch wenig ausführlich beschrieben, und als besonderes Kapitel der landwirthschaftlichen Forschung einheitlich überhaupt nicht ausgearbeitet.[1]) Infolgedessen fällt es schwer, gleich von Anfang an in der erwünschten Richtung hin den Versuch zu leiten; während der Arbeit beliebig herumzuexperimentiren wäre noch verderblicher.

Nichtsdestoweniger gestatten die vorliegenden Ergebnisse auf die in der Einleitung (S. 8) näher präzisirte Frage, „ob wir auch in früheren Entwickelungsstadien, als zur Zeit der vollen Blüthe, von einer Stickstoffzunahme über die ursprünglich in Boden, Samen und event. Stickstoffdüngung gegebene Menge hinaus sprechen können?" eine vollauf sichere Antwort, wobei auch der Beginn einer Zunahme überhaupt festgestellt werden konnte. Es ergab sich nämlich, **daß eine Stickstoffzunahme schon etwa zu Beginn der selbstständigen Entwickelung der Pflanzen, also bald nach Abschluß der Keimungsperiode stattfindet: bei einer reicheren Stickstoffdüngung aber etwas später beginnt, jedoch vor Anlage der Blüthenstände.**

Wie der Sachverhalt ist, wenn der Boden sterilisirt wird, läßt sich aus meinen Versuchen nicht ersehen: die Sterilisation hat durchgreifende Veränderungen in der Vegetation hervorgebracht, namentlich hat sie zur Folge gehabt, daß der Bestand immer ungleichmäßiger weiterwuchs, und eine Wahl von Durchschnittstöpfen fast unmöglich wurde. Man hätte nämlich zwischen verkümmerten, oft ganz eingetrockneten Exemplaren und bestentwickelten wählen müssen.

Schließlich entschloß ich mich bei den 3 letzten Untersuchungen, nur die besseren von den übriggebliebenen Töpfen zu analysiren, da ich die Schuld an der Sachlage der Unregelmäßigkeit der Behandlung, und andererseits einer ungleichmäßigen, zum Theil ungenügenden Sterilisation u. dergl. zuschrieb.

Erst die oben zitirte Arbeit Richters,[2]) die im Laufe des Sommers 1896 im Drucke erschien, brachte neues Licht in meine Erwägungen: die Ungleichmäßigkeit des Bestandes war eine direkte Folge der Sterilisation gewesen, ganz abgesehen von der nachher, unbekannterweise eingetretenen Infektion der Pflanzenwurzeln, welche überall nachgewiesen worden war. — Der Grad, in welchem sich eine jede Pflanze entwickelte, hat von der individuellen Energie, die jedem Samen innewohnte, abgehangen: das eine Pflanzenindividuum hat einfach die sehr ungünstigen, durch die Sterilisation geschaffenen Entwickelungsbedingungen nicht zu überstehen vermocht; ein anderes dagegen wohl, und dies gereichte letzterem umsomehr zum Vortheil, als es, sowie es die Krisis einmal hinter sich hatte, um so energischer den durch die Sterilisation „aufgeschlossenen" Bodenstickstoff, sowie den in der Düngung dargereichten,

[1]) Einige werthvolle Beiträge findet man immerhin in mehreren neueren Arbeiten, so z. B. bei Liebscher, l. c.; bei Aeby, l. c.; bei Hellriegel, l. c.; auch bei Wagner, „Die Stickstoffdüngung der landwirthschaftlichen Kulturpflanzen", Berlin 1894; bei Hellriegel, „Stickstoffnahrung der Gramineen und Leguminosen", Beilageheft zu d. „Zeitschr. d. Ver. f. d. Rübenz.-Industr. d. D. R.", 1888, Berlin, u. bes. v. demselben: „Beitr. zu d. naturw. Grundl. des Ackerbaus." Braunschweig 1883, bei Vieweg & Sohn. — Vrgl. ferner Hellriegel „Düngungsversuch und Vegetationsversuch", Berlin 1897, worin ein Entwurf zu einem Werke auf diesem Gebiete gegeben wäre, wohl von berufenster Seite.

[2]) vrgl. auch Pfeiffer und Franke, l. c., S. 462—66; ferner Liebscher, i. „D. landw. Presse" 1893, S. 976.

zu assimiliren begann, und außerdem in unserem Falle, zweifelsohne den elementaren Stickstoff der Atmosphäre sich zu Nutzen machte. — Dies erklärt auch die sonderbaren Fälle, wo in der dritten Serie Pflanzen (Erbsen) hochgezogen worden sind, die sowohl prozentisch, als z. Th. auch absolut einen höheren Stickstoffgehalt aufwiesen, als ihre Nachbarinnen aus der zweiten Serie, der nicht sterilisirten, sonst aber genau ebenso behandelten. (Vrgl. Tab. C und A, die Töpfe Nr. 77, 89, 87, 84, 88, 73.)

Es leuchtet ein, daß unter solchen Umständen die Versuche mit der dritten Serie zu keinen befriedigenden Ergebnissen führen konnten. — Auch hätte dies nur theoretisches Interesse gehabt, in Anbetracht dessen, daß ein an den betr. Bakterien freier Boden hoffentlich in der Praxis künftig nicht vorkommen dürfte, sobald die Nitraginfrage sicheren Grund gefaßt haben wird. Als Beweismaterial für meine Schlußfolgerung (S. 29) habe ich deshalb nur die Ergebnisse der Untersuchungen herausgezogen, die bei den ersten 2 Serien angestellt wurden, und zwar berücksichtigte ich hauptsächlich die Erbsen aus dem S. 14 angegebenen Grunde. Die Zahlen, die mir danach am meisten überzeugend zu sein scheinen, sind die in den Rubriken „nh" und „zp" der Tabelle A niedergelegten.

Ich will hier weiter bemerken, daß meine Ergebnisse in einem gewissen Einklang mit einer älteren Beobachtung von Hugo de Vries stehen: letzterer berichtete nämlich schon im Jahre 1877[1]), seine Versuche hätten ergeben, daß die Wurzelknöllchen sofort nach Abschluß der Keimungsperiode der Pflanzen erscheinen. — Da dieselben Zeichen eingetretener Symbiose sind, die Stickstoffassimilation aber mit letzterer in ursächlichem Zusammenhange steht (Hellriegel!), so liegt der Schluß nahe, daß eine Stickstoffanreicherung auch wohl bald nach Beendigung des Keimungsprozesses wird konstatirt werden können; und dies hat mein Versuch aufs Entschiedenste erwiesen.

Diese Analogie meiner Ergebnisse mit der Beobachtung von Hugo de Vries wird auch durch Nobbe's Lehre nicht gestört: nach Nobbe beginnt nämlich die assimilatorische Thätigkeit der Knöllchenmikroorganismen erst, wenn sie sich voll entwickelt haben, wenn also etwa die ersten Bakteroiden sichtbar werden. Dies erfolgt nun aber, wie bei Gelegenheit der Besprechung der mikroskopischen Untersuchung betont wurde, sehr bald nach Beendigung der Keimungsperiode der Pflanzen, und von nun ab findet die Verwerthung des atmospärischen Stickstoffs statt, sowie eine effektive Anreicherung des Bodens an Stickstoff durch den Anbau von Leguminosenpflanzen, selbst auf besseren Böden, wie dies meine chemische Untersuchung bestätigt.

Bei der weiteren Interpretation der in den Tabellen niedergelegten Ergebnisse ist noch das Verhältniß ins Auge zu fassen, in welchem in den verschiedenen Entwickelungsstadien der Pflanzen die Menge des assimilirten Stickstoffs sich zu der des in Boden, Samen und event. Düngung gegebenen befindet. Aus oben (S. 14) erläuterten Gründen nehmen wir hier wieder ausschließlich die Erbsen in Betracht und prüfen (vrgl. Tab. A) zunächst die erste Serie, welche reine Mineralstoffdüngung erhalten hatte. Es ergiebt sich, daß bei Vornahme der

[1]) s. Hugo de Vries, „Beiträge zur speziellen Physiol. landw. Culturpfl. II: Wachsthumsgesch. d. rothen Klees", i. „Landw. Jahrb.", Bd. VI, 1877.

ersten Untersuchung zu Beginn der selbstständigen Entwickelung der Pflanzen, also schon ziemlich bald nach Abschluß des Keimungsprozesses, die in Boden und Samen gegebene Stickstoffmenge von 9,2688 g um **1,00** % gestiegen war; bei der zweiten Untersuchung (Beginn der Blüthe) — um **1,65** %; bei der dritten Untersuchung (volle Blüthe) — um **3,14** %; bei der vierten Untersuchung (nach dem Abblühen) — um **5,17** %; schließlich bei der letzten Untersuchung (in der Reife) — auf **3,40** % gefallen war. — Bei der zweiten Serie, der mit Chilesalpeterstickstoff gedüngten, ergab sich bei der ersten Untersuchung keine Zunahme der im Boden ursprünglich vorhanden gewesenen Stickstoffmenge von 9,4572 g. Die betr. Zahlen von der zweiten Untersuchung ab sind folgende: 2,61 %; **1,89** %; **2,95** %; **2,20** %. — Eine Erklärung für die außergewöhnliche Höhe der ersten Zahl der letzten Reihe (2,61 %) finden wir in der Rubr. „af" der Tab. A gegeben: es hat sich im Boden des Gefäßes Nr. 37 nach der Ernte ein Stickstoffquantum herausgestellt, welches wohl nicht den thatsächlichen Verhältnissen entsprochen haben mag. Bei derartigen Untersuchungen muß man, trotz der sorgfältigsten Durchmischung des Bodens zur Entnahme der Proben, (namentlich in Fällen, wo, wie im vorliegenden, nur 10 g zu jeder Bestimmung verwendet werden) auf solche zufälligen Ergebnisse gefaßt sein, und daher glaube ich mit vollem Rechte die Zahl 2,61 auf die Weise korrigiren zu dürfen, daß der betreffenden Berechnung nicht der Durchschnitt der Gefäße 37 und 39 — 0,2471 g (Rubr. „zp") zu Grunde gelegt wird, sondern lediglich die aus der Untersuchung des Gefäßes 39 gewonnene Zahl — 0,1375 g (Rubr. „nh"). — Dazu ist umsomehr Grund vorhanden, als die Zahlen der Töpfe 37 und 39 in Bezug auf den Stickstoffgehalt der ober- und unterirdischen Masse (Rubrik „st" und „x" d. Tab. A) nicht wesentlich von einander abweichen. — Dann finden wir statt 2,61 die Zahl **1,45**, welche besser in die Reihe hineinpaßt.

Auf diese Weise erhalten wir für die erste und zweite Serie folgende 2 Zahlenreihen, als Ausdruck der graduellen Zunahme bezw. Abnahme des assimilirten Stickstoffs:

	I. Unters.	II. Unters.	III. Unters.	IV. Unters.	V. Unters.
I. Serie	1,00 %	1,65 %	3,14 %	5,17 %	3,40 %
II. Serie	—	1,45 %	1,89 %	2,95 %	2,20 %

Diesen Zahlen lassen sich nun **2 werthvolle Folgerungen** entnehmen:

1. Die Menge des assimilirten Stickstoffs steigt gradweise, dem jeweiligen Entwickelungsstadium der Pflanzen proportional, bis sie, zur Zeit der beginnenden Schotenbildung, nach dem Abblühen der Pflanzen, ihr Maximum erreicht, um dann abzunehmen. (Letzteres wäre dadurch zu erklären, daß der Wind viele trockne Blätter von den Stengeln abreißt und sie weit fortweht. Andere Blätter, die zufällig in die Töpfe selbst fallen, verfaulen hier z. Th., wobei Stickstoffverluste entstehen können.) Dieses Ergebniß bei Erbsen bestätigt den schon früher festgestellten Sachverhalt bei Lupinen. **Danach empfiehlt es sich im Allgemeinen, womöglich erst bei beginnender Fruchtbildung die Erbsen unterzupflügen, resp. für Futterzwecke zu ernten.**

2. **Jedoch bei ungünstigen Verhältnissen, d. h. wenn die Zeit zu kurz und die Witterung zu schlecht ist, als daß die Pflanzen, beim Zwischenfruchtbau z. B., noch vor**

Winter das erwünschte Entwickelungsstadium erreichen könnten, dürfte in den meisten Fällen sich eine Nutzung auch in früheren Entwickelungsepochen doch als vortheilhaft erweisen, und zwar bei einem an Stickstoff ärmeren Boden, wie der von mir für die erste Serie verwandte es war, **und insbesondere bei den geringeren Abänderungen der Sandböden — schon bald nach Bildung der ersten Blätter; bei reichem Boden** (meine zweite Serie) **dagegen — etwas später, bei beginnender Anlage von Blüthenständen.**[1]) Vergleichen wir die oben zusammengestellten Zahlenreihen, so ergiebt sich überhaupt, daß bei reicherem Boden (meine zweite Serie) die Verhältnisse in Bezug auf die Mengen assimilirten Stickstoffs durchweg weniger günstige sind, als bei ärmerem Boden (meine erste Serie).

Greifen wir schließlich auf die in der Einleitung (S. 8) citirte Arbeit Prof. Kühn's[2]) von der wir ausgingen, zurück, so ließe sich vielleicht für die dort (S. 128—132) berührten Verhältnisse, auf Grund des eben Erörterten, die erwünschte Erklärung finden. — Prof. Kühn berichtet daselbst über 2 Versuche mit Erbsengründüngung auf verschieden reichen Böden, von denen der erste Versuch, auf reichem, humosen Lehmboden ausgeführt, einen minder günstigen Erfolg geliefert hat, als der zweite auf ärmerem, sandigen Lehm.

Dies entspricht nun vollständig meinen auf genaue Topfversuche gestützten Ergebnissen und findet seine Erklärung in den auf S. 31 aufgestellten Zahlenreihen: auch meine Versuche haben einen besseren Erfolg auf einem an Stickstoff ärmerem Boden als auf reicherem gezeitigt. — Somit braucht aber auch das Plus von 0,625 Pfd. Stickstoff pro Morgen[3]), so gering es auch ist, nicht als dem ursprünglichen Bodenstickstoff entstammend bezeichnet zu werden[4]): wir können hier sehr wohl auch schon von einer Assimilation aus der Atmosphäre reden, wenn wir es freilich nicht vorziehen, wie es auch in der genannten Arbeit von Prof. Kühn geschehen, die $^2/_3$ Pfd. Stickstoff pro Morgen als innerhalb der Fehlergrenzen liegend zu erachten.

---

[1]) Offenbar dürfen wir, wenn die Pflanzen in so frühen Entwickelungsstadien untergepflügt werden, keine bedeutende Wirkung von Seiten der organischen Substanz erhoffen, deren Mengen noch zu geringfügige sind. — Die Frage, ob dann überhaupt, unter unseren klimatischen Verh., der Anbau eines Erbs-wickengemenges als Zwischenfrucht auf besseren Böden als ökonomisch zu betrachten sei, müßte jedesmal auf Grund einer besonderen Kalkulation entschieden werden. Jedenfalls empfehlenswerth scheint er, auch bei einer Nutzung in früheren Entwickelungsstadien, auf geringeren Böden zu sein, zumal im Falle, daß das Saatgut besonders billig zu beschaffen sei.

[2]) s. Jul. Kühn, „Die wirthschaftliche Bedeutung d. Gründüngung ꝛc." i. „Berichte aus dem physiologischen Laboratorium und d. Vers.-Anstalt d. l. Inst. d. Univ. Halle a. S.", 1895, Heft XII, S. 108.

[3]) s. l. c., S. 130.

[4]) s. l. c., S. 131.

VITA.

Natus sum J. LUTOSŁAWSKI, die 27 mensis Januari, a. h. s. 75, patre Francisco, Dvozdovi prope Lomzam. Fidei addictus sum catholicae. Per sex annos frequentavi gymnasium Mitavense. Deinde, maturitatis testimonio adeptus, literis studere coepi primum Rigae, [per bis sex menses], deinde Lipsiis [per bis sex. m.], denique Halis [per ter sex m.]. Docuerunt me viri clarissimi: *Bischoff, Doss, Kirstein, Lieventhal, Ostwald, Schindler; Heinze, Kirchner, Marshall, v. Oettingen, Pfeffer, Settegast, Wiedemann, Wislicenus, Zürn; Albert, Cluss, Conrad, Fischer, Kühn, Lorenz, Maercker, Pütz, Vaihinger,* quibus omnibus, praesertim Kühn, praeceptori praeclarissimo benevolentissimoque, qui labori et studio meum magnopere favit, toto animo gratias ago quam maximas. — *Baumert,* professor atque *Holdefleiss* et *Falke,* doctores, viri illustrissimi, maximis me beneficiis affecerunt, quibus gratissimam mentem servabo.

Druck von Johannes Päßler, Dresden-N